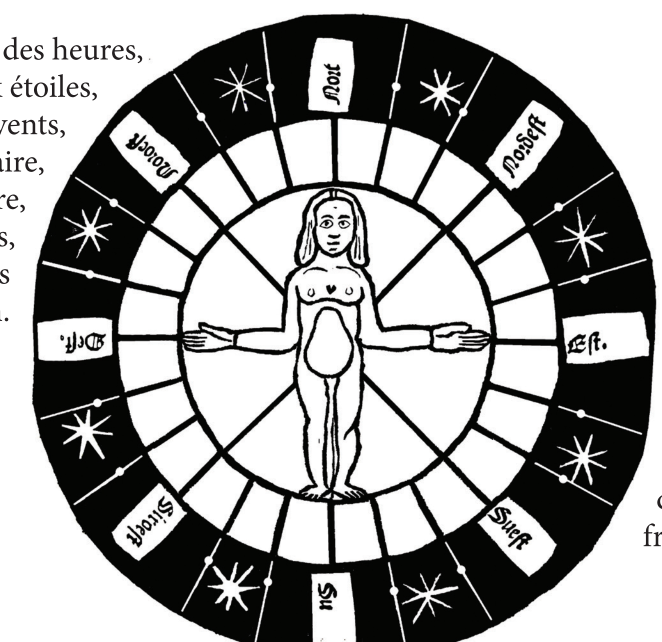
ROUE PÔLE-HOMME
de Pierre Garcie dit Ferrande
Le Grant Routtier (1520)
Son inscription dans la science nautique des XVe et XVIe siècles.

La *Roue Pôle-Homme*, instrument marinisé au XVe siècle, offre au marin

un cadran des heures,
un cadran aux étoiles,
un cadran rose des vents,
un cadran solaire,
un cadran lunaire,
un cadran des marées,
avec les Règlements
pour chaque cadran.



Pierre Garcie dit Ferrande,
né à Saint-Gilles-sur-Vie en 1441,
est un des tout premiers marins scientifiques
qui initie la communauté maritime
française à une navigation astronomique.

Bernard de Maisonneuve - CRHIP - mai 2020

Roue Pôle-Homme de Pierre Garcie - 1520

AVANT-PROPOS

Lorsque j'ai commencé, en 2010, à transcrire le texte de Pierre Garcie dit Ferrande, je savais que la figure qu'il représentait à la page 5 du *Grant Routtier* (1520) était encore une énigme. Puis un événement fortuit m'a conduit à Lisbonne où j'ai pu relier cette représentation à la *Roue Pôle-Homme*, représentée au Musée maritime portugais.

Suite à la publication de l'ouvrage, « *PIERRE GARCIE dit FERRANDE - le routier de la mer, v.1490 - 1502 - 1520* », (Bernard de Maisonneuve, CRHIP - 2015), de nombreuses questions m'ont été posées sur cet instrument de navigation, son origine, son utilisation. Aussi, le document qui suit tente d'y apporter quelques réponses, en particulier l'inscription de Pierre Garcie dit Ferrande au cœur de la science nautique des xve et xvie siècles. Pour lire les références : *f° 2r du Grant Routtier-1520 (p. 3 de cet ouvrage).*

Je ne suis pas un spécialiste de l'histoire de la navigation à l'estime ni de la navigation astronomique. Aussi je remercie les lecteurs pour leur indulgence et leur aide à corriger les erreurs. Leur questionnement sera un pas de plus pour l'approfondissement de cette réflexion.

Bernard de Maisonneuve, 1er août 2019

Cette synthèse tente de situer la *Roue Pôle-Homme* (ancêtre du nocturlabe) **de** Pierre Garcie dit Ferrande (1441-1502) **dans le cadre de la science nautique de son époque.**

La *Roue Pôle-Homme*, instrument de marine indispensable, a été à la base des grandes découvertes océaniques. Les travaux de l'ibérien, Abraham Zacuto, par la publication en 1496 de l'*Almanach Perpetuum,* vont donner à cet instrument ses lettres de noblesse. Puis, un Règlement sur l'utilisation pratique de la *Roue Pôle-Homme* rendra cet instrument maritime incontournable. Pierre Garcie dit Ferrande est au cœur de cette diffusion internationale dès 1483. Son *Grant Routtier* sera édité durant plus de 180 ans.

Les sources utilisées :

Bensaúde Joaquim, ingénieur et historien portugais, a apporté une contribution remarquable à l'histoire des grandes découvertes maritimes portugaises et en particulier sur le *Règlement de l'astrolabe*, appelé aussi *Règlement de Munich* [1509] et *Règlement d'Évora* [1516]. Dans cette synthèse, j'utilise ses ouvrages : *L'astronomie nautique au Portugal à l'époque des grandes découvertes.* [1912]

Com'Nougué Michel, ingénieur et historien français, a contribué à l'apport de la science nautique arabe avant l'essor des Portugais. Je m'appuie sur son doctorat CNAM : *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge.* [2012].

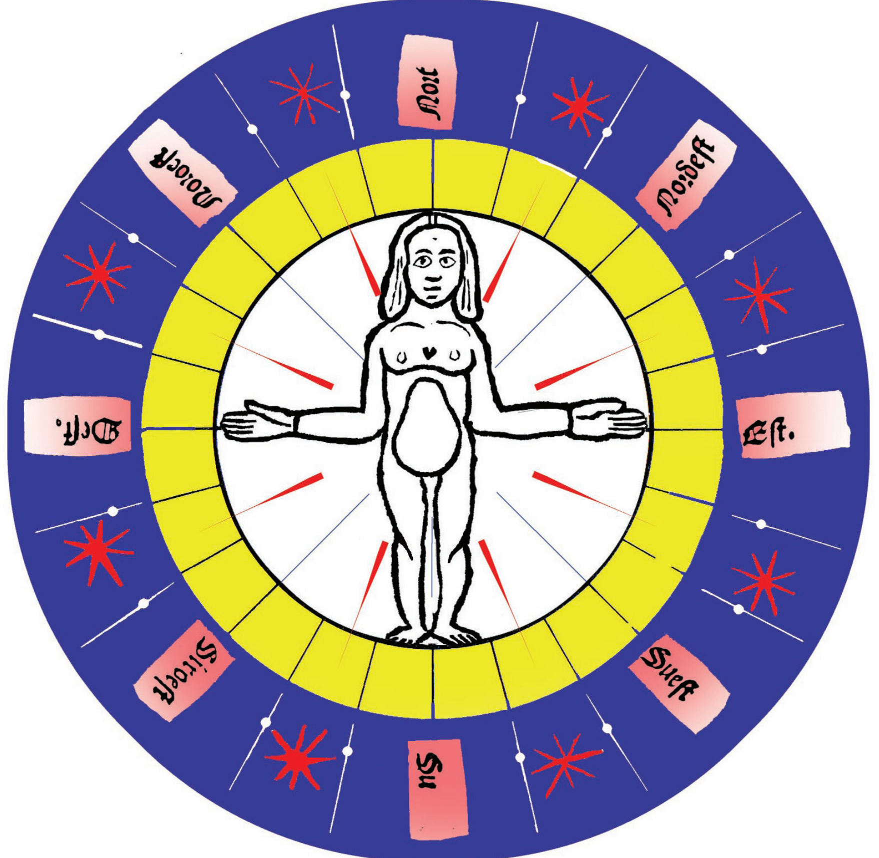
Beaujouan Guy, Poulle Emmanuel, *Les origines de la navigation astronomique du xive au xve siècle*, in *Le navire et l'économie maritime du Moyen Âge du xve au xviiie principalement en Méditerranée* ; Travaux du 1er colloque international d'histoire maritime, 1956 - Paris, SEVPEN. [1960]

Texeira da Mota Avelino, *L'art de naviguer en Méditerranée du xiiie au xviie siècle et la création de la navigation astronomique,* in *Le navire et l'économie maritime du Moyen Âge au XVIIIe siècle principalement en Méditerranée* ; Travaux du 2e colloque international d'histoire maritime, 1957 - Paris, SEVPEN. [1958]

TABLE DES MATIÈRES

Cette figure, reproduite dans *Le Grant Routtier (1520)* de Pierre Garcie dit Ferrande est une *Roue Pôle-Homme* à trois couronnes :

la 1re couronne est un cadran rose des vents à 16 rhumbs,
la 2e couronne est un cadran solaire à 2 fois 12 heures,
la 3e couronne est un cadran lunaire à 32 quarts de vent.



Roue Pôle-Homme de Pierre Garcie - 1520 redessinée © CRHIP

Le Grant Routtier, que Pierre Garcie dit Ferrande termine en 1483, est publié en 1502 et 1520 jusqu'en 1662. Il donne à la communauté maritime française le moyen de naviguer au large. Pierre Garcie rappelle l'importance de cette avancée scientifique maritime : comment naviguer sans voir la terre et sans instrument de marine autre que la *Roue Pôle-Homme*. Cet instrument, marinisé à la fin du XVe siècle au Portugal, permet de se positionner avec ou en l'absence de quadrant et de compas de mer, de vérifier le temps avec ou en l'absence de sablier (horloge), de calculer l'âge de la Lune et des marées.

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520

[J'ai] composé et [je t'ai] envoyé le présent livret, qui t'apprendra à reconnaître et connaître les noms des vents et leurs rhumbs, en présupposant toutefois que tu saches, toi ou un autre, distinguer [le cycle de] la Lune [de celui] du Soleil. Le Soleil et la Lune sont les guides et gardiens de tous les braves compagnons qui voguent et naviguent à travers les ondes innombrables de la mer, pour ce qui a trait tant au transport de marchandises qu'à la pêche.
Toutefois, bien que le Soleil et la Lune te permettent de reconnaître et connaître les heures - le Soleil, de jour et la Lune, de nuit - j'ai voulu te donner à savoir et reconnaître sans voir ni Soleil ni Lune l'heure de minuit et l'aube du jour. Et tu pourras tout savoir par la figure suivante, sans avoir d'horloge mesurant les heures ou les demies, ni compas, par nuit claire.
S'ensuit la figure qui apprend à reconnaître et savoir les heures de nuit, c'est-à-dire minuit et l'aube du jour, sans Soleil ni Lune ni compas, et sans horloge mesurant les heures ou les demies, avec les noms et les rhumbs des vents, ce qui est une chose très délicate et nécessaire pour l'habile et ingénieux métier de la mer. f° 2r (p. 3)

1 - UNE SCIENCE APPLIQUÉE

par Michel Com'Nougué, *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge*, CNAM Abbé Grégoire - Histoire Techniques Technologie Patrimoine, doctorat du 29 novembre 2012.

Le xve siècle est une période charnière pour la navigation côtière. Celle-ci prend son essor vers le large grâce à l'avancée scientifique. Elle va bénéficier de deux apports, celui du monde arabe (dont Ibn Majid, 1432 - 1500, est l'emblème naviguant) et celui du Portugal (dont Christophe Colomb, 1451 - 1506 est l'éclatant témoignage). Les méthodes des navigations arabes et occidentales ne sont pas des copies identiques. Elles ont, cependant, le point commun d'être le résultat d'une collaboration entre des scientifiques et des marins. La transmission des savoirs scientifiques est affaire de savants, alors que la transmission des techniques est affaire de professionnels. Pierre Garcie dit Ferrande[1] (1441-1502) est un marin français et un savant qui expérimente cette science. Il en fera un trésor avec le premier routier européen, *Le Grant Routtier* - 1483 et 1520, viatique indispensable pour tous les marins européens jusqu'au milieu du xviie siècle.

Si on veut comparer les méthodes de navigation astronomique arabes et occidentales (1434-1484)[2], force est de constater que la méthode portugaise consistant à utiliser dans la pratique de la volta les chemins Nord-Sud, mesurés à partir de la hauteur méridienne de la Polaire est directement inspirée de la méthode de navigation arabe. Le fait d'utiliser la hauteur méridienne de la Polaire pour définir une différence Nord-Sud est non seulement une application brutale de la méthode arabe mais, plus encore, le moyen de déterminer l'instant de passage de la Polaire à la méridienne par l'observation des Gardes et donc semble être une copie conforme de cette même méthode. D'une façon générale, cet atterrissage en suivant la ligne Est-Ouest du port d'arrivée est clairement expliqué dans les ouvrages d'Ibn Majid. L'hypothèse du commandant Texeira da Mota, de l'intervention probable de Jaime Ribes[3] dans cette affaire, nous parait constituer un début d'explication convaincante de cette filiation directe.



Le Grant Routtier - Pierre Garcie, 1520

DE LA NAVIGATION

En raison de l'influence directe des contraintes naturelles, comme le vent, les tempêtes, les marées, le navigateur a essayé de s'affranchir de la **navigation à vue** de terre par des méthodes empiriques. La **navigation à l'estime** lui a permis d'augmenter son domaine d'action. L'estime est la méthode de navigation qui consiste à déduire la position actuelle du navire à partir de sa route et de la distance parcourue depuis sa dernière position connue. Elle peut être résolue par le calcul ou par un graphique, mais seule la deuxième solution est accessible au navigateur médiéval, précisément grâce au portulan sur lequel le navigateur va reporter sur un graphique tous les changements de route induits par les diverses manœuvres engendrées par les sautes de vent. Si le premier problème du navigateur : savoir quelle direction prendre est résolu par la boussole (note 9 page 10) et le routier ou bien par catalogue des routes usuelles, c'est grâce à l'estime que l'on va résoudre ceux afférents au contrôle de cette route. C'est une méthode de calcul du **point** en fonction de deux paramètres mesurés : le **cap** et la **distance.** Ce sont ces deux avancées qui ont permis d'élaborer le **compasso**, ou **routier** C'est un catalogue de directions et un catalogue de distance.

---

1 Bernard de Maisonneuve, *PIERRE GARCIE dit FERRANDE - le routier de la mer, v.1490 - 1502 - 1520*, CRHIP, 2015.

2 On est frappé du peu de temps qui s'est écoulé entre le voyage de Gil Eanes (1434) et celui de Diogo Cão au Congo (1485). C'est-à-dire entre la première utilisation probable de la méthode de la hauteur de la Polaire et celle de la mise au point du calcul de la latitude par la méridienne de Soleil.

3 Henri le navigateur appelle auprès de lui à Sagres et embauche en 1420 Yaffuda Cresques, plutôt connu sous son nom de marrane *Maître Jaime Ribes*. C'est un cartographe - astronome, élève de son père Abraham et issu du célèbre centre juif des Baléares.

Le ***Routier de la mer*** de Pierre Garcie s'inscrit dans cette démarche.

Il était alors temps de faire appel à la recherche appliquée. Et c'est le début de la **navigation astronomique**. Dès qu'il a fallu s'éloigner des côtes, le repère naturel pour les navigateurs a été le ciel avec ses astres : le Soleil, la Lune, les étoiles de la voûte céleste.

<u>Le jour</u>, le Soleil est un astre de choix pour se repérer. Pour trouver sa latitude ou hauteur à midi solaire, il faut connaître sa déclinaison au moment de l'observation et maîtriser les opérations à suivre. Celle-là est ôtée ou ajoutée à la hauteur de l'endroit de l'observation. La déclinaison du Soleil varie entre 23°½ S et 23°½N. Encore faut-il avoir un instrument de marine qui permette cette mesure sans regarder directement le Soleil !

<u>La nuit</u>, le mouvement apparent de la voûte céleste étoilée a inspiré les observateurs. Dans l'hémisphère Nord, puisque le Pôle Nord céleste est un point théorique sans étoile visible, la Polaire a été choisie pour trouver la hauteur du Pôle, égale à sa latitude. Il faut aussi connaître l'écart de hauteur entre le Pôle Nord et la Polaire pour trouver la latitude. Cet écart est évalué en observant les étoiles circumpolaires assez brillantes comme celles de la Petite Ourse, de la Grande Ourse ou de Cassiopée. En 1500, cet écart entre le Pôle Nord et la Polaire pouvait aller jusqu'à 3°½. Sachant qu'une erreur de 1° est égale à 60 milles nautiques, soit 111 kilomètres environ sur un grand cercle, la hauteur de la Polaire ou du Soleil, sans correction, donne des valeurs en général très imprécises de la latitude. Pour obtenir une valeur satisfaisante, il a fallu mettre en place des règles précises sur les corrections à apporter dans tous les cas de figures. C'est l'objet des Règlements (ou Régiments) de la déclinaison du Soleil et de l'étoile du nord.

Une autre histoire se trouve imbriquée dans cette recherche de la latitude, c'est l'histoire de l'heure.

<u>De jour</u>, l'utilisation correcte d'un cadran solaire donne l'heure solaire avec l'ombre du Soleil. Son mouvement apparent est une rotation de gauche à droite en haut du cercle. Par commodité on dit que c'est le sens indirect ou sens des aiguilles d'une « montre » (en sachant qu'il n'existe pas de montre au Moyen Âge).

<u>De nuit</u>, la voûte céleste qui tourne en 24 heures environ au-dessus de nos têtes offre une horloge géante à qui sait l'utiliser. Le mouvement apparent de la voûte céleste étoilée est en sens direct. Pour un observateur au pôle Nord, les étoiles effectuent un mouvement de rotation uniforme autour de l'axe vertical, dans le sens inverse des aiguilles d'une « montre ». L'heure est déterminée alors en observant la Polaire et les Gardes de la Petite Ourse. Ainsi la rectification de la Polaire et la détermination de l'heure la nuit sont parfois confondues.

Le ***Routier de la mer*** de PIERRE GARCIE précise aux marins ces deux calculs. Il peut alors confirmer ou infirmer les repères, amers, sonde, courant, rhumbs et distances pour **recaler sa position estimée** en vue de terre à intervalles réguliers.

ÉTUDE DE LA SPHÈRE CÉLESTE

L'astronomie fut, après les époques hellénistique et byzantine[4], le fait de la science arabe, c'est-à-dire



Taqi al-Din al-Shami al-Assadi ... de l'Observatoire de Galata, fondé en 1557 par le sultan Soliman.

4 La science arabe : http://www.uranosièclefr/ETUDES_41_FR.htm

de la science de langue arabe. Elle put bénéficier, grâce à une formidable entreprise de traduction, du patrimoine astronomique immense en langue grecque mais aussi des connaissances indiennes et perses. À son tour, l'astronomie apporta un essor considérable au savoir, en ce domaine prestigieux. Les Arabes reprennent les idées de Ptolémée (v. 90 - v. 168) mais, pour les préciser, ils mettent au point des méthodes de mesure et vérifient par eux-mêmes tous ses calculs.

L'**astronomie** est l'étude de la **sphère céleste**. Celle-ci s'opère dans un cadre caractérisé par des repères qui servent de base aux coordonnées célestes. Il s'agit de l'axe du monde ou axe des Pôles qui détermine les Pôles Nord et Sud et, de son plan perpendiculaire, le plan équinoxial ou équatorial. Cette étude débouche naturellement sur la **cosmographie** qui introduit la Terre dans le système céleste. Celle-ci fait intervenir à son tour un nouveau système de coordonnées que détermine la sphère locale, constituée par des paramètres locaux, la verticale, déterminant zénith et nadir, ainsi que le plan horizontal rendu sensible par la ligne d'horizon. Tout astre est caractérisé par ses coordonnées dans les deux systèmes de référence : dans le premier, déclinaison et ascension droite, et dans le second, hauteur et azimut. On comprend qu'il s'agit de deux systèmes de référence qui sont liés par un point commun, le lieu de l'observation. Dans les calculs, le lieu d'observation interférant, il devient, dès lors, nécessaire de le repérer lui-même par rapport à son support terrestre. Il est donc obligatoire d'introduire un troisième système de coordonnées qui puisse préciser les paramètres du lieu de l'observation dans son cadre terrestre, la sphère terrestre. C'est l'objet de la **géographie** scientifique où les lieux sont désignés par leurs coordonnées terrestres, la latitude et la longitude. Il y a donc un lien entre l'astronomie et la géographie dite scientifique, (par opposition à la géographie descriptive) qui passe par la cosmographie.

L'astronomie constitue avec le calcul, les disciplines scientifiques où l'apport des Arabes est vraiment fondamental dans l'histoire des sciences. En particulier, la pratique du calcul et de l'algèbre (surtout la maîtrise de la trigonométrie sphérique d'inspiration hindoue) va permettre à l'astronomie scientifique de se développer. Pour résumer, en peu de mots, la somme des connaissances dans ce domaine, disons que les Arabes ont amalgamé, dans un même corpus, d'une part, les fondements grecs qui ont élaboré les définitions de base et, d'autre part, la pratique persane et hindoue, en vigueur dans deux régions où l'étude de l'astronomie est aussi une pratique traditionnelle. De plus, l'astronomie ne commence à progresser rapidement qu'à partir du moment où l'astronome peut confronter ses hypothèses à la réalité des faits par l'observation et la mesure.

ÉTUDE DU CREUSET PORTUGAIS

On peut reconnaître deux périodes dans cette histoire : une première période qu'on pourrait appeler d'assimilation jusqu'au milieu du xiiie siècle. De la fin du xe siècle au milieu du xie siècle, le patrimoine astronomique arabe est transmis à partir de la Catalogne et se diffuse alors vers l'Europe. La prise de la ville de Tolède par Alphonse VI de Castille en 1085 met les trésors scientifiques aux mains des Latins et fournit l'occasion de constituer, au cours du xiie siècle, des équipes de traducteurs qui fournissent un énorme travail dans tous les domaines, notamment dans celui de l'astronomie[5]. Les plus anciens textes en latin sur l'astrolabe paraissent provenir de l'abbaye de Ripoll (Catalogne[6]) ; ils sont contenus, en particulier, dans un manuscrit copié au xe siècle dans cette abbaye, peut-être sous l'abbatiat d'Arnulf (948-970). L'existence du centre scientifique de Ripoll est à rapprocher du voyage que fit en Catalogne, vers 967, Gerbert d'Aurillac, futur archevêque de Reims et futur pape Silvestre II. On a des raisons, par conséquent, de penser que c'est à Gerbert, dont on sait le profit scientifique qu'il tira de son séjour outre monts, que l'on doit la diffusion de l'astrolabe dans la science chrétienne.

Une seconde période, à partir de la deuxième moitié du xiiie siècle est caractérisée par le nombre et l'intérêt de nouvelles recherches, par la diffusion inouïe de certains instruments, bref une période d'expansion directement liée au rôle joué par tout ce matériel dans l'enseignement universitaire. Il est intéressant de noter que c'est la péninsule ibérique qui est le lieu privilégié où la transmission de cette science des Arabes vers l'Occident est la plus évidente. C'est ce problème[7] qui était à l'ordre du jour au Portugal à la fin du xve siècle et qui fut étudié et résolu par la *Junta dos matematicos,* avec le Règlement de Munich et celui d'Évora, traitant dans un texte élémentaire, accompagné de tables approximatives de la plus grande simplicité, la méthode de calcul des latitudes par la hauteur du Soleil appuyée de nombreux exemples. Cette œuvre se composait de deux parties : la *Sphère* de Joannes Sacrobosco destinée à l'enseignement rudimentaire de l'astronomie, et le *Règlement de l'astrolabe* fournissant les éléments du calcul des latitudes par la hauteur du Soleil. [*Regimento do estrolabio e Tractado da Spera do Mundo*]. Ces tables ont comme point de départ l'*Almanach perpetuum* (1473 à 1478) de Zacuto. L'examen de ces œuvres remarquables nous montre de combien les marins portugais devançaient

5 Emmanuel Poulle, *Les instruments astronomiques de l'Occident latin aux XIe et XIIe siècle.* Steinschneider (1816-1907), *Die Hebräischen Übersetzungen ... des Mittelalters ; meistenteils nach Handschriftlichen Quellen (Les Traductions hébraïques du Moyen Âge et les Juifs comme interprètes: une contribution à l'histoire de la littérature médiévale ; principalement d'après des sources manuscrites*), Berlin, 1849 - 1893.

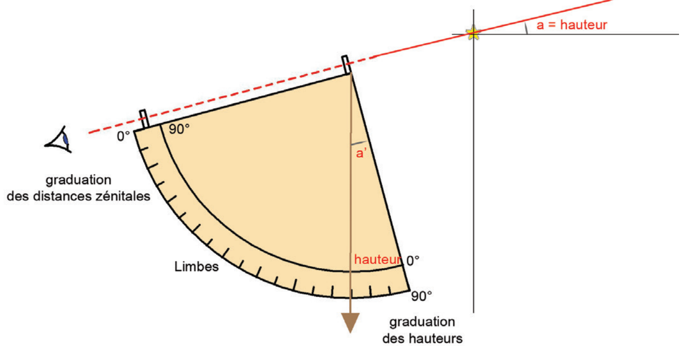
6 J.-M. Millàs-Vallicrosa, *Assaig d'historia de les idées fisiques i matematiques a la Catalunya medieval,* t. I (seul paru), Barcelone, 1931, in-8°, xv-351 pp. (« Estudis univ. catalans », ser. monografica, i)

7 Joaquim Bensaude, *L'astronomie nautique à l'époque des Grandes Découvertes*, Bern, Akademische Buchhandlung Von Max Dreschsel, 1912 - www.persee.fr/doc/jsa_0037-9174_1919_num_11_1_3824_t1_0341_0000_1

leurs concurrents espagnols dans l'art de la navigation, au moment même où les deux peuples se disputaient la division du globe. Le ***Routier de la mer*** de Pierre Garcie est le premier document français qui décrit, dès 1483, ces avancées scientifiques nautiques nécessaires pour la navigation au large.

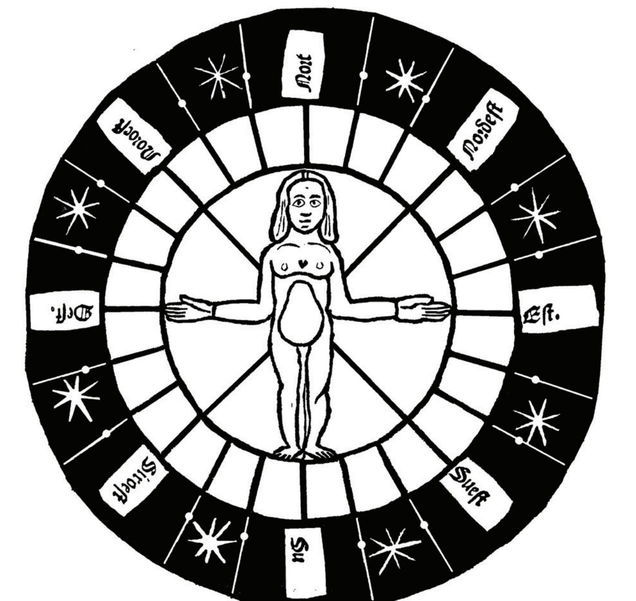
Étude des instruments

Avant le XIVe siècle, les instruments d'astronomie sont établis pour un usage à terre. Les arabes, puis les portugais, cherchent à les mariniser. La vraie nouveauté des marins portugais réside dans les instruments utilisés : l'astrolabe nautique, le quadrant nautique, l'arbalestrille, la *Roue Pôle-homme*.



L'astrolabe, qui mesure la hauteur du Soleil, sera adapté en mer sous une forme très simplifiée, **l'astrolabe nautique**, (en bois au début). En raison du roulis et de la difficulté d'observer le Soleil directement, il sera utilisé à terre, à l'escale. Le marin utilise aussi l'**arbalestrille** ou **bâton de Jacob** que l'on utilise sur le bateau lorsque la mer est calme et sans houle. La hauteur du Soleil n'est pas fixe dans la durée en raison de la variation journalière de sa déclinaison. Il faut donc impérativement passer par le détour du calcul de la latitude pour pouvoir comparer des valeurs comparables et non plus se contenter du chemin Nord-Sud parcouru. Le calcul est dans les 2 sens : si on connait l'heure, la latitude et la hauteur du Soleil, on a la déclinaison du Soleil ; mais aussi si on connait l'heure, la déclinaison et la hauteur du Soleil, on a la latitude.

Pour effectuer des mesures astronomiques à bord, il va falloir inventer un nouvel instrument spécifique : le **quadrant nautique**. C'est un instrument dérivé du quadrant astronomique, simplifié, qui ne sert qu'à prendre la hauteur de l'astre. On se sert d'un quart de cercle gradué. On vise directement l'étoile selon un des côtés droits du quadrant, un fil à plomb est fixé au centre du cercle et marque la verticale. On lit la hauteur de l'astre visé à l'intersection du fil à plomb et de la graduation sur le secteur circulaire. En fait, on prend, non pas la hauteur, mais la distance zénithale, qui est le complément de cette hauteur. La précision de l'instrument est médiocre et surtout variable selon les mouvements du navire qui influent sur les mouvements du fil à plomb et donc sur la précision de lecture : par expérience de 0,5 à 3 degrés, selon que le temps est calme ou la mer agitée.



Mais il est un instrument ancien, utilisé par les religions pour définir la latitude des lieux Saints et l'heure nocturne : la **Roue des heures** (futur nocturlabe). Les astronomes vont offrir aux navigateurs un instrument marinisé, la ***Roue Pôle-Homme***, avec une méthode pratique et largement utilisée pour repérer le passage de l'Étoile Polaire au méridien supérieur ou au méridien inférieur qui se remarque par le maximum ou le minimum de hauteur de l'astre durant son circuit dans le ciel.

Pierre Garcie dit Ferrande, un marin français moderne

Le ***Routier de la mer*** de Pierre Garcie dit Ferrande est le premier manuscrit français qui explicite, dès 1483, l'utilisation de la ***Roue Pôle-Homme***. Cet instrument sera révélé par Pierre Garcie dit Ferrande dans son ouvrage imprimé en 1502 et 1520. Dès le XVe siècle, le ***Routier de la mer*** est le premier document français et international à l'origine des documents obligatoires à bord de tous les bateaux : les *Pilotes* ou l'*Almanach nautique,* actualisés jusqu'à ce jour.

L'étude qui suit décrit l'invention scientifique de cet instrument.

2 - CHRONOLOGIE[1]

IIe siècle – Le père fondateur de l'astronomie, de la cosmographie et de la géographie scientifique reste Ptolémée [Ptolémaïs de Thébaïde (Haute-Égypte) vers 90 - Canope vers 168] qui rassemble tout le corpus scientifique des concepts et des définitions, mis au point par ses prédécesseurs. Il établit une hypothèse globale du monde qui restera sans concurrente jusqu'à Galilée. Il est l'auteur de quatre ouvrages dont deux ont exercé une grande influence sur les sciences occidentales et orientales. L'un est la *Composition mathématique*, traité
200 d'astronomie, aujourd'hui connu sous le nom français d'*Almageste* ; l'autre est la *Géographie*, synthèse des connaissances géographiques du monde gréco-romain. Ce dernier est redécouvert et publié dès 1477.

VIIe siècle – Sévère Sabokt (… ca 659), évêque syriaque – Manuscrit conservé à Berlin (collection Petermann, n° 37). L'astrolabe plan servait surtout à la détermination de l'**heure diurne** ou **nocturne**.

VIIe siècle – Pacificus (… ca 844), L'allusion la plus ancienne que nous connaissions à un instrument du type de la *Roue Pôle-Homme* est celle de l'*horologium nocturnum* de Pacificus de Vérone. Ce que l'on sait de cet
700 instrument provient du poème de Pacificus, *Spera coeli quater*, sorte de mode d'emploi sous forme d'un chant de vingt et un vers. Plusieurs manuscrits retranscrivent ce poème, dont certains sont illustrés d'une figure. La plus ancienne représentation date du xe siècle et se trouve dans un manuscrit de la Bibliothèque du Vatican (Vaticanus lat. 644 fol. 76r). Une représentation analogue, datant du xiie ou xiiie siècle, apparaît dans un manuscrit conservé à la bibliothèque Marciana de Venise (Ms lat. VIII.22 fol.1r). Ces dessins montrent un observateur visant une étoile ou Polaris à travers un tube optique monté sur un pied. L'extrémité du tube, autour de l'étoile, est entouré d'un disque comprenant trois cercles concentriques, le cercle extérieur étant gradué en 24 heures.

Le manuscrit 235 de la Bibliothèque d'Avranches, issu du scriptorium de l'abbaye du Mont-Saint-Michel au xiie siècle, contient la représentation et la description sommaire d'une *Roue Pôle-Homme* semblable à l'*horologium nocturnum* de Pacificus. (Philippe Dutarte, *Les instruments de l'astronomie ancienne*).

XIe siècle - Gerbert d'Aurillac (945 ...)

Les Catalans accueillent des transfuges mozarabes (chrétiens espagnols vivant en Al-Andalus selon l'ancienne foi chrétienne de rite wisigothique). Ils ont été arabisés, à l'apogée de la dynastie Omeyyade de Cordoue. Ces mozarabes, tentés par la vie monastique, ne peuvent la réaliser en terre arabe et gagnent les
1000 monastères d'Occident. C'est avec eux qu'est transmise l'étude de la culture arabe par une coopération intellectuelle entre moines occidentaux et moines mozarabes.

C'est dans ces monastères catalans que Gerbert d'Aurillac entre en contact avec les mathématiques arabes. Cet intellectuel deviendra le pape Sylvestre II, mais auparavant, il est le grand responsable du renouveau du *quadrivium*[2], c'est-à-dire de l'étude des sciences dans l'enseignement occidental. Il est à l'origine de l'Abaque, la première forme du calcul numérique en Occident et il y introduit les chiffres arabes, sauf le zéro.

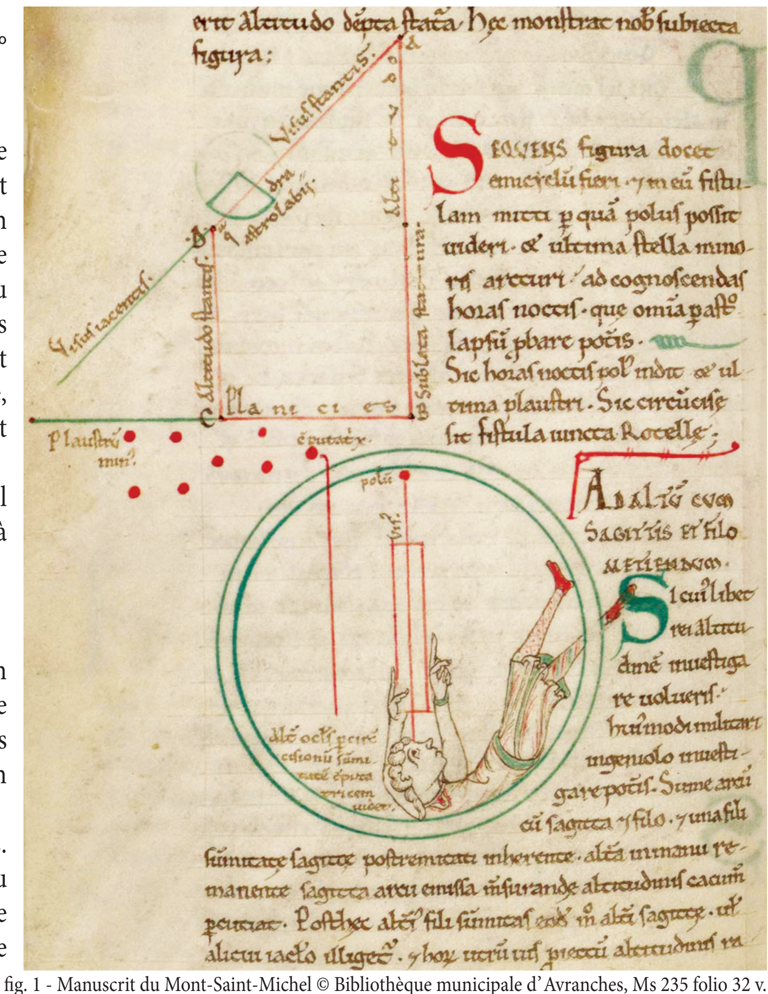


fig. 1 - Manuscrit du Mont-Saint-Michel © Bibliothèque municipale d'Avranches, Ms 235 folio 32 v.

1 À partir de l'écrit de Joaquim Bensaude, *L'Astronomie nautique à l'époque des Grandes Découvertes,* Bern, Akademische Buchhandlung Von Max Dreschsel, 1912 - www.persee.fr/doc/jsa_0037-9174_1919_num_11_1_3824_t1_0341_0000_1

2 Charlemagne réintroduit l'enseignement des arts libéraux dont un premier stade, le *trivium* (grammaire, dialectique et rhétorique), fut suivi par un second stade, le *quadrivium* (arithmétique , géométrie, astronomie et musique).

1100

1150

XIe siècle - Gerbert d'Aurillac

À la fin d'un manuscrit des *Sententiae astrolabii* attribué à Gerbert (Sylvestre II) et conservé à Chartres on trouve une image illustrant l'utilisation d'un **instrument de calcul de hauteur de la Polaire** (XIIe siècle).

« Sequens ... »
Il s'agit donc de connaître les heures de la nuit avec une fistula (i.e. un tube creux) en fixant d'abord l'Étoile Polaire (marquée « polus ») puis la « dernière étoile » de la constellation (du Bouvier) appelée Arcturus minor (i.e. α Arcturus conduisant les chiens de Canes Venatici ou les Gardes d'Ursa Major et d'Ursa Minor) qui effectue un mouvement de rotation autour de la Polaire différent selon l'époque de l'année, et en mesurant l'écart angulaire entre ces deux points en ajustant successivement le tube sur une circumcisa rotella (i.e. sur un disque gradué selon le calendrier).
Le principal intérêt de la figure du manuscrit de Chartres est de faire apparaître ce disque gradué de I à XII mais aussi, outre la Polaire et α Arcturus, les étoiles de la Petite Ourse (Minor Ursa que Cynosura dicitur).

D'après Charles Burnett, ce codex aurait été pu être la copie de deux manuscrits : l'un (items 1 à 9) constituant une sorte de « manuel sur la science de l'astrolabe » de la première moitié du XIe siècle, auquel on aurait ajouté deux textes en provenance de l'Abbaye de Saint-Mesmin de Micy, après 1010 ; l'autre (item 10) contient la version des tables d'al-Khwārizmī composée en Angleterre, par Adélard de Bath, vers 1126 .

Source :
Bibliothèque Municipale de Chartres
ms. 214 (ancien 173) – détruit (1944).
Recueil de traités d'astronomie et de mathématiques. XIIe siècle - entre ca. 1126 et ca. 1140).
Une ou deux mains principales : celle du scribe W. du colophon du fol. 6v et « une main assez semblable » qui a copié les tables astronomiques d'al-Khwārizmī.
[Y. Delaporte, Les manuscrits enluminés de la bibliothèque de Chartres, Chartres, 1929, p. 25, n° LXII.]

Arcturus, étoile, qui est dans le prolongement de la queue de la Grande Ourse et non dans celui de la petite Ourse !

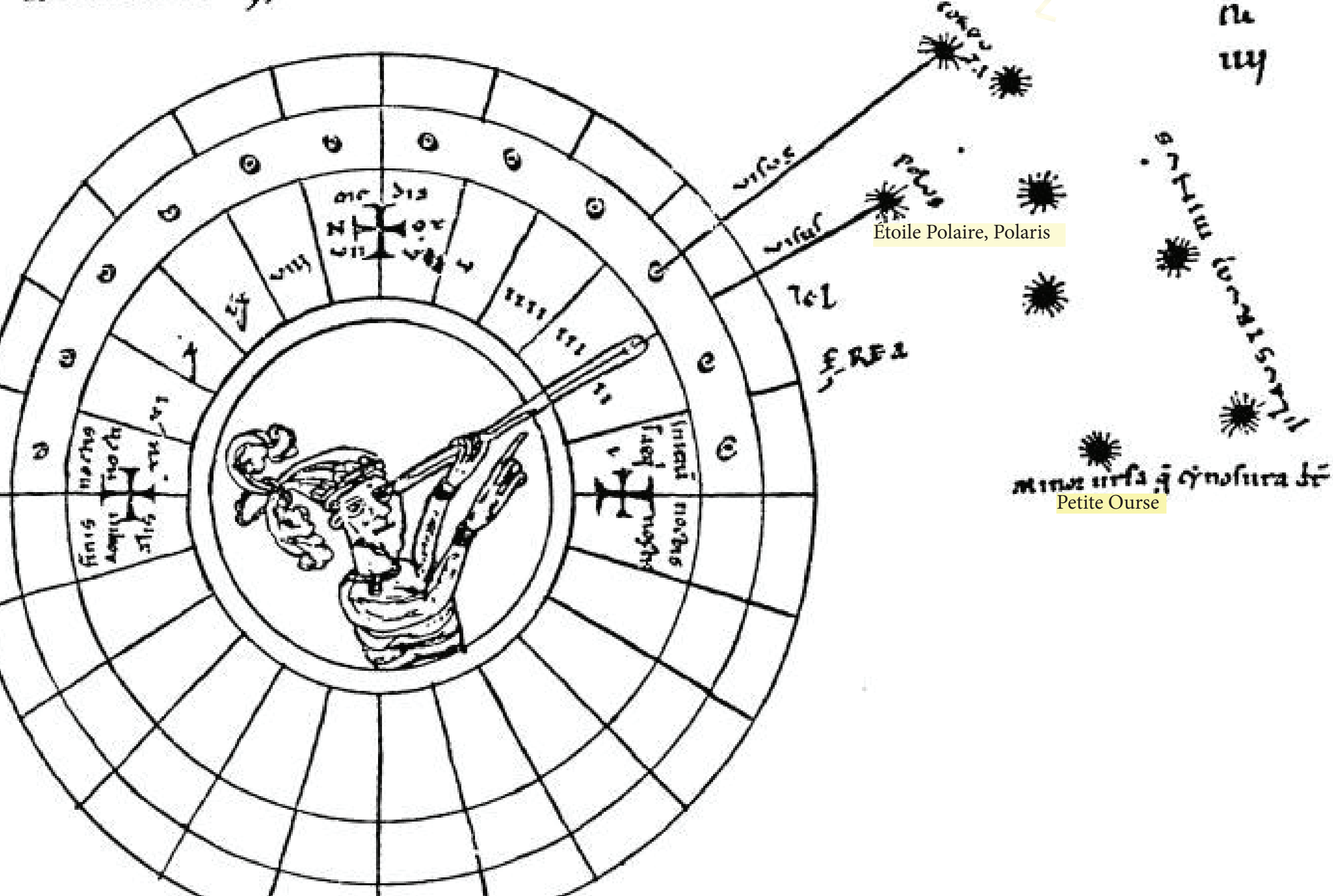


fig. 2 - Bibliothèque Municipale de Chartres, *ms. 214.*

1141 - Raymond de Marseille[3] est l'auteur d'une trilogie consacrée à la science des astres (1130-1140) : un *Traité sur l'astrolabe***,** un *Liber cursuum planetarum* (traité d'astronomie, 1141), qui inclut une apologie de l'astrologie et l'adaptation des tables astronomiques de Tolède[4] pour le méridien de Marseille, et un *Liber iudiciorum* (traité d'astrologie, après 1141). Les travaux de Raymond de Marseille montrent qu'il fut un des premiers érudits Latins à utiliser les acquis de l'astronomie d'Al-Zarqâlluh, l'Arzachel des Latins. Il reprend la critique andalouse sur les erreurs du modèle ptolémaïque avec ses déférents excentrés et épicycles donnant des prévisions astronomiques erronées. Il préfère calculer avec précision les positions des planètes. Les Tables de Marseille[5] annoncent celles de Crémone, de Toulouse, de Pise, de Malines, etc., qui vont fleurir aux XIIe et XIIIe siècles. L'assimilation des travaux des astronomes arabes dont il fait preuve dans son traité sur l'astrolabe inaugure en outre une série de travaux qui vont marquer la vie scientifique jusqu'au XVIIe siècle[6].

1142 - Adélard de Bath, vers 1142-1146, traduit les Tables astronomiques (820) d'Al-Khawarizmi, école de Bagdad.

1147 - Robert de Chester, en 1147, traduit les Tables astronomiques (929) d'Al-Battani, école de Bagdad.

1150 **1150** - Moshe et Jacob Ibn Tibbon à Marseille et Montpellier, traduisent des Traités sur l'arithmétique et l'astronomie arabes.

1158-1161 - Abraham ibn Ezra, écrit sur les usages des Tables astronomiques et sur un autre traité en hébreu.



sous le règne du roi du Portugal, D. Diniz (1279 - 1325).

fig. 3 - École des interprètes de Tolède, note 6.

1250



v. 1280 – La Carte pisane est le plus ancien portulan d'origine occidentale connu. Elle est dite «pisane», parce que trouvée à Pise par le Chevalier Micali. Elle aurait été élaborée à Gênes.

1292 - Robert Anglès compose le *Traité du quadrant* vers 1276. L'ouvrage contient cinq tables : quatre tables donnent **la position du Soleil** dans les signes du zodiaque, jour par jour, pour le cycle compris entre 1292 et 1295 ; la cinquième table donne, pour chaque degré de longitude du Soleil, la valeur de la **déclinaison** (distance du Soleil à l'équateur). C'est sur ce modèle qu'ont été établies, en 1478, les tables d'Abraham Zacuto[7].

1299 - Raymond Lulle (Ramon Llull 1232, Majorque) décrit l'opération d'une **horloge nocturne** ou ***Roue des heures par la Polaire***, appelé *astrolabii nocturni*, (connu pour **Noturlábio)**. On en trouve l'explication dans sa *Nova geometria* (1299) et dans le *Liber Principorum medicinae*. Raymond Lulle[8] la précise aussi dans *Arte de navegar*, ouvrage perdu. Mais dans *Ars Magna*, il propose une figure de sa Géométrie qui montre un astrolabe permettant le calcul de l'heure, la nuit. En théorie, on considère que Polaris est fixé dans la tranchée de l'axe nord-ouest de la Terre, malgré une petite déviation de 3, 5° au xve siècle. [Raymond Lulle, *Opera omnia*, vol. I, Mainz, 1721, « 36 »]. Il écrit dans son *arbor scientiae* en 1295 à propos des marins « *habent chartam, compassum, acum et stella maris.* » *Acus* c'est l'aiguille, (autrement dit la boussole[9]), *stella maris* l'Étoile Polaire et son mouvement la Roue polaire.

1300

3 E. Poulle, *Le traité d'astrolabe de Raymond de Marseille*, in Studi Medievali. 5, 1964, p. 866-873 ; Voir aussi l'analyse du *Liber cursuum planetarum* par M.-Th. d'Alverny, «*Astrologues et théologiens...*», p. 36-39. Marie-Thérèse d'Alverny, Charles Burnett & Emmanuel Poulle, *Raymond de Marseille, Opera Omnia*. t. I. *Traité de l'astrolabe. Liber cursuum planetarium*, éd. CNRS, Sources d'histoire médiévale, Paris, 2009.

4 École des interprètes de Tolède, sous la forme de binômes (moine chrétien-lettré arabe), unissant deux spécialistes d'une même matière : un lettré arabisant traduit les textes de l'arabe vers le vernaculaire. Juan Vernet et Julio Samso, *Les développements de la science arabe en Andalousie* in Roshdi Rashed (éd.), *Histoire des sciences arabes*. T.1. *Astronomie, théorique et appliquée*. Paris, Seuil, 1997, p. 285 à 287.

5 Duhem Pierre, *Le système monde*, t. III, Paris : Hermann, 1815, repr. 1958, spéc. ch. vi. « Les Tables de Marseille », p. 201-216.

6 www.uranos.fr/ETUDES_41_FR.htm

7 Paul Tannery, *Le Traité du Quadrant de maître Robert Anglès (Montpellier XIIIe siècle)*, publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres XXXV, 1897, 2e partie 561-640.

8 Guy Beaujouan et Emmanuel Poulle, *Les origines de la navigation astronomique du XIVe au XVe siècle* in *Le navire et l'économie maritime du Moyen Âge au XVIIIe siècle principalement en Méditerranée*. SEVPEN, Paris, 1957.

9 La plus ancienne mention de la boussole, dans la navigation européenne, se trouve dans le traité *De Utensilibus*, (1190) par Alexandre Neckam. C'est probablement à Paris qu'il a entendu comment un navire doit avoir une aiguille placée au-dessus d'un aimant, le tout monté sur un pivot, et dans un coffret de bois (*bossola* en italien). L'aiguille tournerait jusqu'à ce qu'elle pointe vers le nord et guide ainsi les marins par temps clément ou par des nuits sans étoiles. Lorsque le plateau aimanté flotte dans un coffret rempli d'eau, avec une une aiguille fixe. On parle de compas de mer sur un bateau ; il joint l'utilisation de la boussole et la désignation de la direction en continu du bateau. L'appareil est alors calé sur le nord.

Compter sur la rose, le décalage d'une heure par quinzaine, et voir page 23 et 50 la distinction entre temps sidéral et temps solaire.

1300

Utilisation de la *Roue* pour calculer l'heure nocturne du moment et la durée du jour à venir :
=>2e couronne intermédiaire (graduée en mois), 15 avril, date orientée vers l'EST ;
=> placer l'Étoile Polaire au centre de la roue ;
=> lire la position de Kochab sur la couronne extérieure (graduée en heures) et lire la graduation, soit 23 heures ; il est 23 heures ou 1 h avant minuit ;
=> à la date du 15 avril, lire sur la 3e couronne intermédiaire, la durée du jour (période de lumière) ;
=> soit 12 heures.

Curieusement, l'image[10], reproduite dans le livre de Lulle, présente la mauvaise échelle. Les heures augmentent dans le sens des aiguilles d'une montre, tandis que Kochab, comme toutes les autres étoiles, se déplace dans la direction opposée. Les heures doivent donc augmenter dans le sens opposé à l'aiguille d'une montre. Sur cette figure 4, le sens direct est rétabli. Il peut s'agir d'une erreur de copiste, qui parfois apparaît dans les œuvres de l'époque. Mais de toute façon, l'image représentée est correcte pour la mi-janvier et la mi-juillet. Cela correspond aux situations où, à minuit, Kochab se trouve dans les bras gauche et droit de la *Roue Pôle-Homme*.

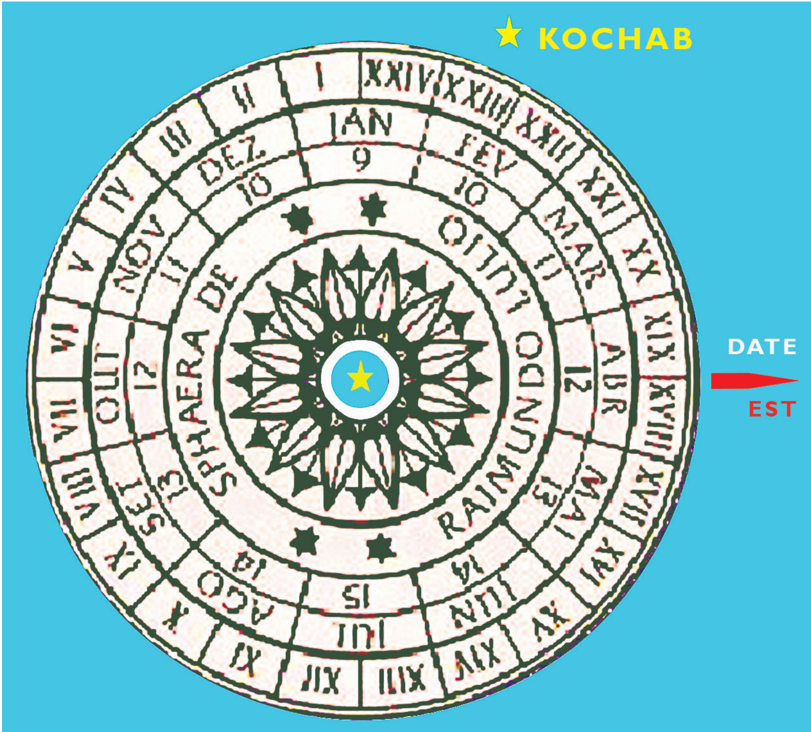


Figure 4 — *Roda de horas pela Polar, e Nocturlábio* de Raimundo Lullo.

sous le règne du roi du Portugal, D. Alfonso IV (1325 - 1357).

1350

1350 - Jehuda Cresques (vers 1350-1427 ?) est le fils du cosmographe de Majorque, Cresques Abraham.
En 1375, ils réalisent l'atlas dit *Catalan*, sur la commande du roi d'Aragon.
Vers 1420, Henri le navigateur[11] accueille ce cartographe majorquin, qui devient maître Jaime Ribes « *homme très versé dans l'art de naviguer.* » Il réalise cartes et instruments de navigation. Duarte Pacheco écrit « *il enseigna l'art de dessiner* (les cartes de navigation) *à ceux qui vivent à notre époque.* »

sous le règne du roi du Portugal, D. Fernando (1367 - 1383).

1375 - **La Carte catalane,** en six panneaux de parchemin, représente le monde de l'océan Atlantique à la Chine, pour le roi de France, Charles V. Des figures accompagnent chacun de ces panneaux dont certaines ne pouvaient guère servir qu'à la pratique de l'astrologie.

sous le règne du roi du Portugal, D. João 1 (1385 - 1433).
1400
Infant D. Henrique, dit Henri le Navigateur (1394 - 1460).

10 *As Horas Nocturnas,* Les heures de nuit => site astronomique portugais par Grom Matthies : http://vintage.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=2&pag=1
11 Michel Com'Nougué, *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge*, École CNAM Abbé Grégoire - Histoire Techniques Technologie Patrimoine, doctorat du 29 novembre 2012 ; p. 459.

sous le règne du roi du Portugal, D. Duarte I (1433 - 1438).

1438 - D. Duarte décrit une ***Roue* polaire** ou **horloge nocturne** dans *Leal Conselheiro*[12] (1428-1438).
Voici la procédure qu'il suit pour connaître les heures d'utilisation de cet instrument : il commence par orienter la roue, en visant par le trou central la Polaire. Il positionne Janvier à l'est. La position de Kochab est repérée sur le bord externe de la Roue. La différence d'heures, entre cette position Kochab et le mois où l'observation est faite (couronne extérieure), indique le nombre d'heures manquantes avant minuit, ou passées après minuit.
1450 Aucune copie de cet instrument n'est connue. Cependant, en raison de sa description dans *Leal Conselheiro* de D. Duarte, il ressemblerait[13] à la figure 5.

Utilisation de la *Roue* pour calculer l'heure nocturne du 31 mai, en utilisant l'étoile Kochab :
=> Viser l'Étoile Polaire par le trou central de la roue.
=> Orienter la roue de manière à ce que *JAN*(VIER), sur la première couronne extérieure (mois), soit dirigé vers l'*EST* (position origine, c'est-à-dire position de Kochab à minuit le 15 janvier).
=> à la date du 31 mai, lire sur la 2e couronne (heures), soit 9 quarts ;
=> faire la différence entre les positions, Kochab et date, soit 2 quarts ;
=> Kochab est avant la date du 31 mai (ou minuit à cette date), d'où retranchement, soit 2 heures avant minuit.
=> pour connaître l'heure de la naissance du Soleil : le nombre d'heures est compté sur la 3e couronne, de Kochab à la date de lecture.

Figure 5 — *Roda* de D. Duarte.

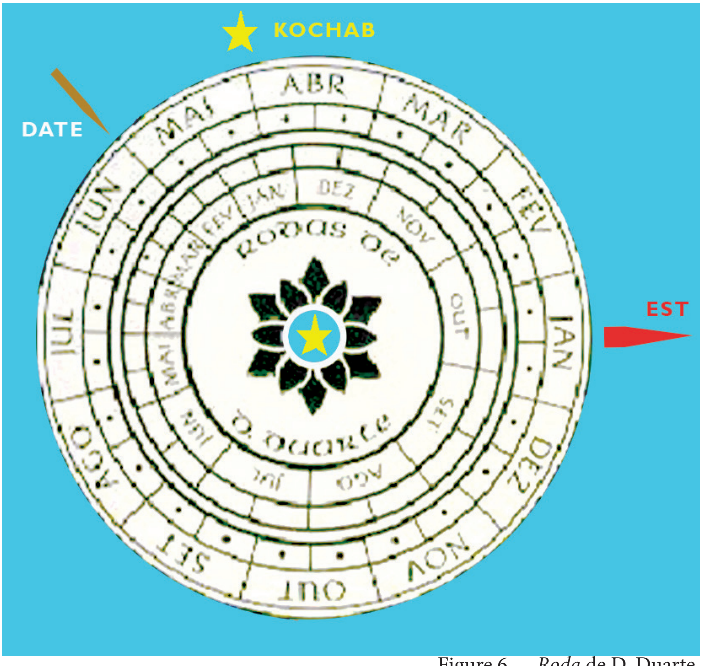


Figure 6 — *Roda* de D. Duarte.

sous le règne du roi du Portugal, D. Alfonso V (1438 - 1481).

1457 - Jehuda ibn Verga est auteur de tables astronomiques ; il écrit à Lisbonne un *traité d'astronomie*.

1470

1472 - Joannes de Sacrobosco écrit un *Tractatus de Sphaera* (par Ferrare, avec un manuscrit de 1240).

1473 - Abraham Zacuto, professeur d'astronomie à Salamanque (1474-1492, puis au Portugal dès 1492) commence l'*Almanach perpetuum.* Il est terminé en 1478, imprimé en 1496 à Leiria. Il donne les **Tables de déclinaison** [la distance du Soleil à l'équateur, c'est-à-dire sa déclinaison. Celle-ci peut être calculée à l'avance pour chaque jour. C'est pour résoudre ce problème, des Tables de déclinaison à l'usage des marins, que le roi Jean II réunit une commission, *Junta dos matematicos do Rei*. 1484 ?-1490 ?

1473—74 Arrivée de Christophe Colomb au Portugal.

12 D. Duarte, *Leal Conselheiro,* Paris 1842. Voir aussi quelques observations de la Lune par D. Duarte dans *Provas da Historia genea logica da Casa Real portugueza*, Caetano de Souza. 1739.
13 *As Horas Nocturnas,* Les heures de nuit - site astronomique portugais par Grom Matthies : http://vintage.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=2&pag=1

1474 - La première édition des *Éphémérides* parait en 1474. Elles ne contiennent pas la table de déclinaison du Soleil, mais seulement la **longitude solaire**.

1475 - Regiomontanus publie les *Éphémérides* et les *Tabula directionum*. Le traité sur l'astrolabe planisphérique, *Canones Astrolabij* de Robert de Chester (1145) est publié.

1480 sous le règne du roi du Portugal, D. João II (1481 - 1495).

1483 - Pierre Garcie dit Ferrande signe son manuscrit, *Le Routier de la Mer*, imprimé en 1502 et qui prendra pour nom en 1520, *Le Grant Routtier*.

1484 - *Junta dos matematicos do Rei* : le roi du Portugal crée une commission d'experts (1484 ?-1490 ?), ayant pour mission d'extraire des **traités d'astronomie** et **d'astrologie** des tables permettant de prévoir les **écarts du Soleil** par rapport à l'équateur.

1484 -Départ de Christophe Colomb du Portugal pour l'Espagne.

1484 - Martin Behaim arrive à Lisbonne (1459 - 1507). Il séjourne en Flandre (1476 à 1484 et 1494) et à Nuremberg (1490 à 1493).

1487 - Bartholomeu Dias part pour la découverte du cap de Bonne Espérance. Il revient à Lisbonne en décembre 1488.

1490

1492 - 3 août. Christophe Colomb part pour son premier voyage vers le Nouveau Monde. Il revient à Lisbonne le 6 mars 1493. « Formé à la navigation au milieu du xve siècle, il a déjà abordé la navigation astronomique. Il connaît et pratique les **hauteurs méridiennes de la Polaire**, mais sans trop semble-t-il maîtriser le **calcul de la latitude**. En revanche, il ignore tout des **méridiennes de Soleil**. Elles ne seront mises au point qu'un peu avant son premier voyage. À cette époque, Christophe Colomb ne réside plus au Portugal et n'a donc pas accès à ces recherches. Il n'en reste pas moins que son journal est l'œuvre d'un professionnel de la mer, un maître de l'estime. C'est la première œuvre centrée sur la technique pratique de la navigation dont nous disposons en Occident. C'est une source aussi essentielle que celle de son contemporain oriental, Ibn Majid[14] (1430-1500). »

1493 - 4 mai. Bulle *Inter Cætera* du pape Alexandre VI, adressée aux souverains catholiques du Royaume de Castille, Ferdinand et Isabelle. Cette bulle donnait à l'Espagne toutes les terres à l'ouest et au sud d'un méridien à 100 lieues (418 km), soit à 36°8'W. Déjà, dans la bulle *Æterni regis*, le pape avait donné au Portugal tous les territoires de l'Afrique et le droit de s'approprier toutes les terres nouvelles que les Portugais découvraient à condition de les évangéliser.

1495

1494 - 7 juin. *Traité de Tordesilhas*, entre l'Espagne et le Portugal sur le partge du monde découvert entre ces deux royaumes; il change la ligne de démarcation, à 39°53'W.

sous le règne du roi du Portugal, D. Manuel I (1495 - 1521).

1496 – Abraham Zacuto : l'*Almanach Perpetuum* est imprimé à Leiria en 1496. C'est un ensemble de **tables de déclinaison**[15], reprises des ouvrages de cet astrologue juif. Rédigé d'abord en hébreu, l'*Almanach Perpetuum* fut traduit en latin par Joseph Vizinho, très probablement *Maître Joseph*, médecin royal, membre de la Commission installée par le roi, D. João II. Ces tables furent introduites sous les titres de ***Regimento del sol e del norte*** et ***Regimento do Astrolabio e do Quadrante***. (*Regimento* au sens de Règle : ***Règlement de la Polaire***).
L'édition des *Éphémérides* de Regiomontanus (1498) contient ce type de table, mais ne ressemble pas à l'édition primitive de l'*Almanach Perpetuum*. Ni l'*Almanach* de Zacuto, ni les deux ouvrages de Regiomontanus, les *Éphémérides* et la *Tabula directionum*, n'exposent la méthode du **calcul des latitudes** d'après la **hauteur du Soleil**. Il faudra attendre le *Règlement de Munich* (1509) et celui *d'Évora* (1516) pour exposer cette méthode.

1500

14 Michel Com'Nougué, *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge*, Ecole CNAM Abbé Grégoire - Histoire Techniques Technologie Patrimoine, doctorat du 29 novembre 2012.
15 Deux siècles avant le Christ, l'Étoile Polaire se trouvait environ à 12° du Pôle. Cette étoile se rapproche du Pôle de plus en plus jusqu'à l'an 2095. Elle arrivera alors à 26' d'écartement ; ensuite elle commencera à s'en éloigner.

1500 **1503** - La traduction du *Traité de l'astrolabe* de Messahalla (astronome musulman, 740-815) par Jean de Séville est imprimée.

1504 - 13 novembre. Un décret portugais interdit de dessiner des cartes nautiques s'étendant au-delà du Rio Manicongo (Congo), afin de garantir le secret commercial (*Sigillo*).

1509 - *Règlement de l'astrolabe* et *Traité de la sphère* (Munich). ***Regimento de Munique*** (*Guía Náutico*). C'est le premier document connu, qui traite de la méthode du **calcul des latitudes**, d'après la **hauteur du Soleil et de la Polaire.**

Deux parties : 1) Règlement de l'astrolabe et du quadrant pour déterminer chaque jour la déclinaison, l'emplacement du Soleil et la position de l'Étoile Polaire ;

1. calcul des latitudes d'après la hauteur du Soleil ;
2. règlement de l'Étoile Polaire ;
3. liste des latitudes pour les côtes occidentales d'Afrique jusqu'à l'Équateur ;
4. règlement pour évaluer le chemin parcouru par le navire ;
5. calendrier sans indication d'année donnant la position du Soleil dans les signes du zodiaque, sa déclinaison et tables nautiques pour une année bissextile.

2) Traité de la sphère [...].

À partir de l'*Almanach Perpetuum*, deux ouvrages fondamentaux vont voir le jour. Ils portent le nom de la ville où ils ont été découverts : le Règlement de Munich ou *Guía Náutico de Munique* (1509-1518) et le Règlement d'Évora ou *Guía Náutico de Evora* (vers 1516).

Dans les mêmes années, un texte connu sous le nom de *Régiment du Nord* systématise toutes ces règles, illustrées par une roue, ***RODA do HOMEN do POLO*** : dessin d'une roue avec représentation du corps d'un marin, corps humain utilisable tel quel en absence de l'instrument.

La nouvelle méthode permettant aux navigateurs de s'orienter sur les mers inconnues de l'hémisphère [nord et] sud et d'en établir la cartographie donnait aux entreprises portugaises, précisément au point culminant des grandes découvertes, un avantage certain sur celles de l'Espagne. On s'efforça naturellement de conserver cette supériorité sur la marine espagnole aussi longtemps que possible, en tenant secrets (*sigillo*) les perfectionnements introduits. Elle était manifeste à l'époque de Colomb. Ce dernier n'avait que de bien faibles notions scientifiques. Il s'orientait, dans l'hémisphère Nord, suivant la hauteur de la Polaire ; même d'après ce procédé, simple et fort répandu, ses calculs contiennent de graves erreurs. Les connaissances acquises par Vespucci sur les nouveaux procédés de navigation, lorsqu'il fit partie d'une expédition portugaise dans l'hémisphère Sud, lui valurent probablement sa nomination au poste de « piloto mayor » à Séville ; l'infériorité des pilotes espagnols préoccupait les rois catholiques :

« *L'expérience nous montre,* (écrivent les rois d'Espagne par Lettre royale du 6 août 1508), *que les pilotes ne savent pas ce dont ils ont besoin pour guider leurs navires ; ils ne possèdent pas les connaissances nécessaires pour prendre la hauteur par le quadrant et l'astrolabe, ni pour faire le calcul des latitudes ; ils commettent, en conséquence, de nombreuses erreurs qui donnent lieu à de graves pertes. Pour les éviter, nous vous ordonnons que tous les pilotes du royaume soient désormais suffisamment*
1510 *instruits dans l'usage du quadrant et de l'astrolabe, afin qu'ils réunissent et appliquent dans leurs voyages des connaissances théoriques et pratiques... Nous désirons que, dorénavant, aucun pilote ne soit autorisé à naviguer sans avoir avec lui le quadrant, l'astrolabe et le Règlement (el regimento para ello), sous peine de perte d'emploi.* »

(Colección de documentos inéditos para la historia de España por M. Fernandez Navarrete, T3 p.299 - Bensaude page 15)

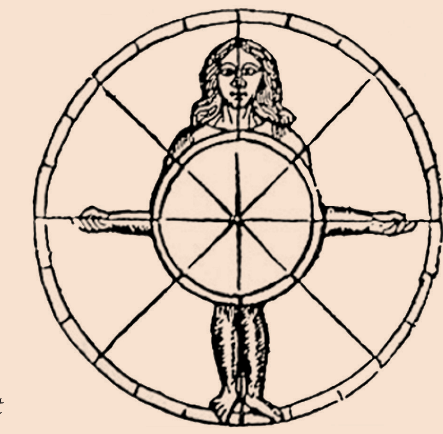


Figure 7 — *Roda do Homen do Polo.*

1514. *Traité de la boussole*, par João de Lisboa (*Tratado da agulha de marear* inclus dans le *Livro de Marinharia*)[16]. Il étudie la déviation de l'aiguille et l'observe à l'aide de l'astrolabe.

16 page 128, Joaquim Bensaude, *L'Astronomie nautique à l'époque des Grandes Découvertes,* Bern, Akademische Buchhandlung Von Max Dreschsel, 1912 - www.persee.fr/doc/jsa_0037-9174_1919_num_11_1_3824_t1_0341_0000_1

1516 – 1518 - ***Regimento de Évora*** (*Guía Náutico*). Le *Règlement d'Évora* traitera les mêmes sujets que le *Règlement de Munich*, ajoutant :

1515

6. le règlement pour déterminer l'heure, la nuit, à l'aide de l'Étoile Polaire ;
7. le règlement pour déterminer l'heure de la marée haute.

Les instruments utilisés sont l'astrolabe, le quadrant et la ***RODA do HOMEN do POLO*** ou *ROUE PÔLE-HOMME*.

L'utilisation de la ***Roue Pôle-Homme*** se rapproche de celle de la ***Roue* polaire** de D. Duarte, (décrite dans *Leal Conselheiro* - 1438). Mais elle est développée[17] avec le Règlement d'Évora. La ***Roue Pôle-Homme*** est utilisée comme **horloge nocturne** ou ***Roue* polaire** et comme quadrant pour le **calcul de la latitude**.

Cette méthode pratique est décrite en mettant en avant certaines parties du corps humain représenté sur la figure de la ***Roue Pôle-Homme***.
Pour connaître les heures, il faut mettre l'instrument dans la bonne position. Pour cela, est utilisé le dessin d'un homme imaginaire au milieu d'une roue (qui peut être mis en parallèle avec le corps d'un marin réel). En plaçant sa tête vers le haut, vers le nord, l'instrument est correctement orienté. Ensuite, l'Étoile Polaire de la Petite Ourse est observée à travers le trou central. Puis Kochab de la Petite Ourse est repérée sur le bord extérieur de la Roue. Ensuite, il s'agit seulement d'utiliser l'échelle de quarts pour savoir combien d'heures sont avant ou après minuit, en sachant que les étoiles tournent dans le ciel de gauche à droite.

Utilisation de la *Roue* pour calculer l'heure nocturne du moment et la durée du jour à venir :
=> 1ère couronne, mi *JANV*.(IER) orienté vers *EST* ; l'Étoile Polaire au centre de la roue ;
=> lire la position de Kochab sur le bord de la roue, et lire la graduation, soit soit 5 heures ;
=> à la date du 25 février, lire sur la 1ère couronne l'écart avec mi *JANV*.(IER), soit 3 heures ;
=> faire la différence, soit 2 heures ;
=> Kochab est après la date de lecture du 25 février (ou minuit à cette date suivant le Règlement), d'où rajout des heures ; soit 2 heures après minuit.

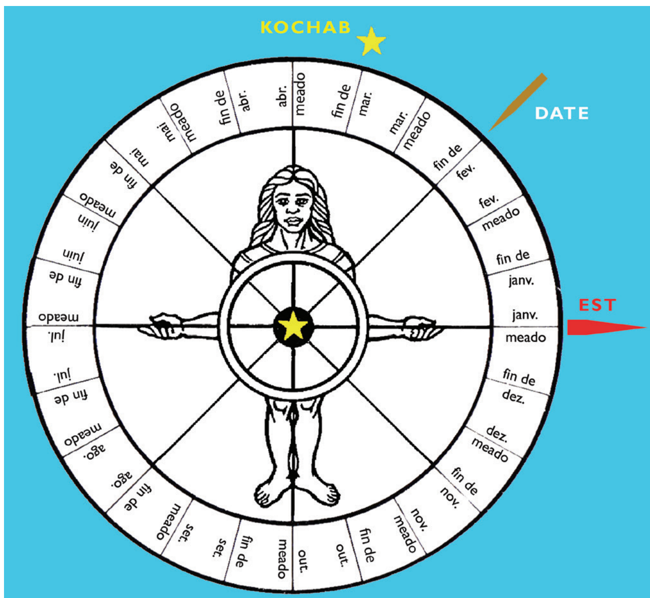


Figure 8 — *Roue Pôle-Homme.*

Ainsi, les règles - Regimento do EVORA - apparaissent comme suit :
Mi-Janvier, il sera minuit au bras gauche et à la fin du dudit mois, il sera minuit 1 heure au-dessus du bras.
Mi-Février, il sera minuit 2 heures au-dessus du bras et à la fin du dudit mois, il sera minuit sur la ligne de l'épaule gauche.
Mi-Mars, il sera minuit 1 heure au-dessus de la ligne et à la fin du dudit mois, il sera minuit 2 heures de la ligne.
Mi-Avril, il sera minuit à la tête et à la fin dudit mois il sera minuit 1 heure en dessous de la tête .
Mi-Mai, il sera minuit 2 heures en dessous de la tête et à la fin du dudit mois il sera minuit sur la ligne de l'épaule droite.
Mi-Juin, il sera minuit 1 heure en dessous de la ligne et à la fin du dudit mois, il sera minuit 2 heures en dessous de la ligne.
Mi-Juillet, il sera minuit au bras droit et à la fin dudit mois il sera minuit 1 heure sous le bras.
Mi-Août, il sera minuit 2 heures sous le bras et à la fin du dudit mois, il sera minuit sur la ligne intermédiaire.
Mi-Septembre, il sera minuit 1 heure en dessous de la ligne et à la fin du dudit mois, il sera minuit 2 heures en dessous de la ligne.
Mi-Octobre, il sera minuit au pied et à la fin du dudit mois, il sera minuit 1 heure au-dessus du pied.
Mi-novembre, il sera minuit 2 heures au-dessus du pied ; et à la fin du mois, il sera minuit sur la ligne médiane.
À la mi-décembre, il sera minuit 1 heure au-dessus de cette ligne ; et à la fin du mois, il sera minuit 2 heures au-dessus de la même ligne.

1518 - Valentim Fernandes publie le *Repertório dos Tempos*. Ce livre eut onze éditions, dont la première de 1518 est inconnue. La ***Roue* polaire** comme **horloge nocturne** et comme quadrant pour le **calcul de la méridienne Nord-Sud.**

E.G.R. Taylor[18], commente cette proposition de calcul : « *Il y a eu une phase antérieure au calcul de la latitude, celle de l'utilisation des* ***différences de hauteu****r de la Polaris. Au départ du Portugal et de Lisbonne en particulier, on observait la Polaire pour une position déterminée des Gardes et l'on marquait sur le limbe l'endroit où tombait la plombée. Au cours du voyage on observait la Polaire, les Gardes étant dans la même position et on marquait l'endroit ou tombait la plombée. On comptait les degrés entre les deux marques. En multipliant le nombre de*

17 *As Horas Nocturnas,* Les heures de nuit - site astronomique portugais par Grom Matthies : http://vintage.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=2&pag=1
18 E.G.R. Taylor, *The navigating manual of Columbus.* in Bolletino Civico Iinstituto Ccolombiano. Gènes. 1953, p 32-45 ; voir Com'Nougué, *op. cité*, p. 482.

degrés par 16,75 lieues, on avait aussitôt le chemin Nord-Sud. C’est-à-dire que le quadrant était lu en termes de distances et non pas en terme de mesure angulaire pour donner la latitude, de telle façon que le quadrant permettait de savoir rapidement soit quand on avait atteint l’endroit correspondant à telle hauteur de la Polaire, comme celle de Lisbonne, soit la latitude recherchée. On naviguait ensuite vers l’est ou vers l’ouest pour arriver. Ce système, on le verra, était la base de la navigation astronomique de l’Océan Indien. »

Les pilotes ont ainsi développé une méthode qui consistait à comparer la hauteur de l’Étoile Polaire, dans son transit méridien au point d’observation, à l’altitude correspondante obtenue à Lisbonne, convertie en un point de référence pour les navigateurs de l’époque. Ainsi, la différence angulaire résultante entre les parallèles respectifs était transformée en

1515 distance (en lieues) qui séparaient les deux points.

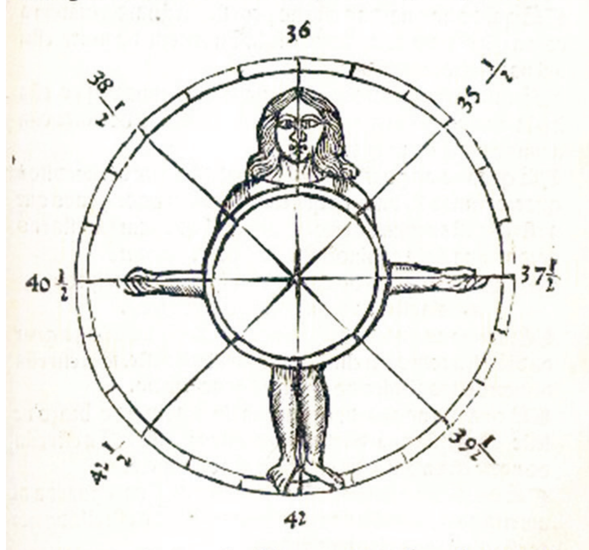
À cette utilisation, Valentim Fernandes va apporter la correction de la **déclinaison de la Polaire**. À cette époque, l’Étoile Polaire était éloignée de 3°½ du Pôle, suivant sa place dans le ciel. La détermination de la hauteur du Pôle exigeait l’application de corrections à la mesure de la hauteur de l’Étoile Polaire. Il utilisera pour cela une roue notée avec la déclinaison. (addition si Polaris est plus proche du méridien inférieur, soustraction dans le cas contraire).

À la latitude de Lisbonne (38°42’N), Valentim Fernandes parle de 39° et applique une correction suivant la roue ci-contre.

- 3°
3
- 0°30’
½
3 ½
- 3°30’
- 3°
1°30’
bras de l’ouest
bras de l’est
½
½
- 1°30’
bras droit
1°30’
30’
bras gauche
+ 3°
3°30’
3 ½
½
+ 0°30’
+ 3°
3

Figure 9 — *Roda das alturas do Norte em Lisboa.*

La figure 9 et 10 montre une copie de l’une de ces roues. À ce stade, la notion de latitude était déjà associée à la hauteur du Pôle. Ainsi, pour connaître la latitude du lieu, il suffisait d’ajouter ou de soustraire la correction respective, obtenue dans la figure. Les corrections n’ont pas de signe car, à ce moment-là, le concept de nombre négatif n’était pas encore utilisé. Cependant, les gens de mer avaient enregistré les règles, sachant qu’ils devaient ajouter ou soustraire la correction. À titre d’exemple, si Kochab était sur la verticale de la Polaris, juste au-dessus, «dans la tête», il fallait soustraire 3 degrés à la hauteur obtenue, pour connaître la latitude. Si, au contraire, Kochab était à l’opposé, «dans les pieds», les 3 degrés seraient ajoutés, pour obtenir la latitude.


esta causa os mareãtes q ajnda nõ som expt° em astronomia
dizẽ q esta sempre fixa em hũ lugar. E a ella guya e enderẽça
e trazao porto os marinheir° pa onde enderençã sua viagẽ
A qͥl estrella do norte he conheçida por o mouimẽto de artu-
ro q som as sete estrellas q alguũs chamã o carro e outros a
barca/posto q ja os nos° mareãtes todos se gouernã pollas
suas guardas q som mais achegadas do polo q o arturo.

Regimẽto da estrella do norte cõ os sinaes das
guardas pera quando quer que tomares a altura da estrel
la do norte pera saberes quanto estas aredado da linea
equinoçial pera a parte do norte. Capitulo.xxxiiij.

Figure 10 — *Roda* de Valentim Fernandes

1519 – Martin Fernández de Enciso, dans sa *Suma de Geografia que trata de todas las partidas del Mundo…Y trata largamente del arte de marear*, copie des passages entiers du *Règlement de Munich,* et les tables de déclinaison du Soleil sur quatre années.

1520 - 1521 octobre. Fernand de Magellan découvre le détroit de *Magalhànes*. L’expédition revient en Espagne avec la *Victoria* en 1522.

1520 **1520** - Pierre Garcie dit Ferrande, (1441-1502), termine un manuscrit, *C'est le routier* (81 pages manuscrites), en 1483. Il le publie sous le nom de *Routier de la mer* (64 pages imprimées) en 1502, peu avant sa mort. Et c'est en 1520 que *Le Grant Routtier* (200 pages imprimées) de Pierre Garcie présentera la figure de la ***Roue Pôle-Homme***. Ce marin français a reçu de son père espagnol, Jean Ferrande, la science de la navigation hauturière naissante que le *Règlement d'Évora* a mis en forme pratique. Il est le premier en France à avoir rendu publique la méthode du **calcul de l'heure nocturne** et celle **de la latitude d'un lieu.** Dans son ouvrage de 1502, puis surtout de 1520, il propose :

- le règlement de l'Étoile Polaire ;
- la liste des latitudes (distances) des ports et havres ;
- le règlement pour évaluer le chemin parcouru par le navire ;
- le règlement pour déterminer l'heure, la nuit, à l'aide de l'Étoile Polaire ;

- le calendrier julien et calcul pour le *Nombre d'or* d'une année et d'une année bissextile ;
- le calcul de la Nouvelle Lune en début d'année (25 mars) ;
- le calcul de l'âge la Lune et des marées suivant l'établissement du port.

Règlement d'Évora	*Le Grant Routtier* - 1520 des éléments indiquées en 1502 - *Cest le routier*
1. le calcul des latitudes d'après la hauteur du Soleil ;	
2. règlement de l'Étoile Polaire ;	p. 3/4/5- le règlement de l'Étoile Polaire ;
3. liste des latitudes des points découverts.	pages ... - liste des distances entre ports et havres.
4. règlement pour évaluer le chemin parcouru par le navire ;	p. 13 à 18 - voici la manière de router, la dérive ;
5. calendrier et tables nautiques pour une année bissextile.	p. 7 à 10 - Compter avec les doigts, Nombre d'or, année bissextile, mois/année ; p. 189 à 195 - fêtes, dimanche, mois, dimanches, nombre d'or ;
6. règlement pour déterminer l'heure, la nuit, à l'aide de l'Étoile Polaire	p. 3 à 6 - la *roue Pôle-homme*, latitude ;
7. règlement pour déterminer l'heure de la marée haute.	p. 7 à 12 - le calcul de la Lune et des marées ;
	p. 167 à 169 Lune, Soleil par quart et heure de rhumb de vent, par jour
	p. 12/13 - les rhumbs des vents

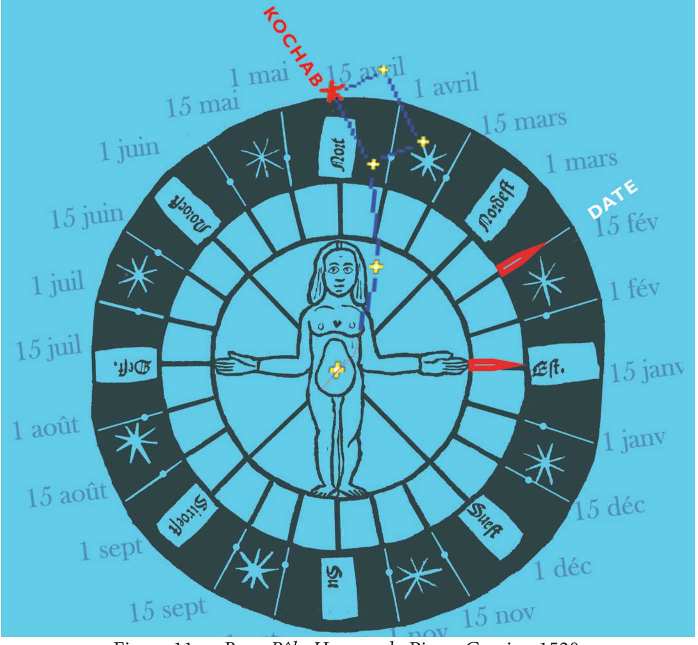


Figure 11 — *Roue Pôle-Homme* de Pierre Garcie - 1520.

Utilisation de la *Roue Pôle-Homme* pour calculer l'heure nocturne du moment :
=> 1ère couronne (date), pointer mi-janvier, date orientée vers *EST* ; l'Étoile Polaire au centre de la roue ;
=> sur la 2e couronne (heures), lire la position de Kochab, placée sur le bord extérieur, soit 6 heures ;
=> sur la 1ère couronne, positionner la date du 15 février et lire l'écart avec [mi-janvier], soit 2 heures ;
=> faire la différence, soit 4 heures ;
=> Kochab est après la date de lecture du 15 février-minuit, d'où rajout à minuit ; soit 4 heures après minuit.

sous le règne du roi du Portugal, D. Joào III (1521 - 1557).

1521 - Duarte Pacheco Pereira, un des signataires du *traité de Tordesilhas* de 1494, fait imprimer *Esmeralda de situ Orbis*, sans doute écrit entre 1505/1508. Il connaît bien le calcul des latitudes par la Polaire et les rapports des marées et des mouvements de la Lune. Il examine longuement un sujet nouveau : **la hauteur du Soleil**. Il rend compte de l'importance et de la difficulté du calcul des longitudes, qu'il n'aborde pas dans son livre.

1523 - 1524 - La première expédition du Florentin Verrazzano et du Français Antoine de Conflans, en Amérique du Nord, commanditée par le roi de France, François Ier, est à l'origine de la fondation de New York. Dans la liste des ouvrages nautiques d'Antoine de Conflans, il y a le *Grant Routtier* de Pierre Garcie.

1524 - Peter von Bienewitz, dit Apianus, *Cosmographicus Liber*. Dans la seconde édition (1530) du *De Principiis Astronomiae* & *Cosmographiae* de Gemma Frisius, est apparue une figure de Pierre Apian : la volvelle (plusieurs roues pivotantes les unes sur les autres). Cette dernière (figure 12), associée à un cadran solaire, peut être utilisée comme **horloge** pour déterminer l'heure de la nuit. Le disque interne est configuré pour afficher la phase actuelle de la Lune à travers la fenêtre (*aspectarium*). Après avoir déterminé l'angle horaire de la Lune (avec un cadran solaire utilisé comme cadran lunaire et solaire) et ayant réglé le cadran lunaire de la volvelle sur cet angle horaire, on peut trouver l'emplacement du Soleil et déterminer l'heure de la nuit.

Figure 12 — *Volvelle* de Peter Apian - 1524.

1525

1526 – Pedro Nunes publie l'*Astronomici epitome sphœra*,

1528 - Lettre royale concernant l'invention par Filippe Guilhem d'instruments nautiques pour prendre **la hauteur du Soleil** et du **Pôle** à toute heure de la journée,

1535 - Francisco Faleiro est pilote portugais au service de l'Espagne. Deux de ses ouvrages contiennent des tables de **déclinaison du Soleil**. *Tratado da Esphera y del arte del marear : con el regimento de las alturas ; con algunas reglas nuevamente escritas niuy necessarias.*

1537 - Pedro Nunes publie le *Traité de la sphère et études nautiques*, (*Tratado da sphera com a Theorica do Sol e da Lua* : « Instrumentos Náuticos e Navegação Astronómica »). Il présente la *Roue polaire*, qu'il appelle « *astrolabii Nocturni* ». Cet instrument permet de calculer l'**heure** durant la nuit avec la Polaris, sa **position**, les **marées** et l'**âge de la Lune**.

1538 - 1541. Les trois *Roteiros* de D. João de Castro. [*Roteiro de Lisboa a Goa - Roteiro de Goa a Dio - Roteiro de Goa a Soez*] terminent avec éclat les travaux portugais dans la première moitié du XVIe siècle. Ses trois *Roteiros* traitent toutes les questions nautiques d'importance : les courants maritimes, la régularité des vents, la côte, les ports, les marées, instruments nautiques, les horloges, les éclipses et enfin la déviation de l'aiguille et le calcul des longitudes.
Ils reprennent la logique éditoriale du *Grant Routtier* (1520) de Pierre Garcie dit Ferrande.

1540

1545 - Alphonse de Saintonge adapte l'œuvre de Fernandez de Enciso (1519) : *La Cosmographie avec l'espère et régime du Soleil du nord par Jean Fonteneau dit Alfonse de Saintonge, capitaine-pilote de François Ier.* Il reproduit les tables du Règlement d'Évora, calculées pour un cycle de 4 ans, et la déclinaison du Pôle.

1545 - Pedro de Medina édite *Arte de navegar* en espagnol en1545 puis en français en 1554 ; l'auteur décrit le rôle du Pôle Nord céleste et des étoiles avoisinantes pour trouver la latitude puis pour déterminer l'heure la nuit.

1546 - Pedro Nunes publie *De arte adque ratione navigandi.*

1550

1551 - Martin Cortés de Albacar, cosmographe du roi d'Espagne, publie des tables plus simples de la **déclinaison du Soleil** dans son manuel pour marins : *Breve Compendio de la sphera y de la Arte de navegar con nuevos instrumentos y reglas, exemplificado comn muy subtiles demonstraciones. Sevilha : casa de Anton Alvarez, 1551.* Il est traduit en anglais en 1561 sous le titre de *The arte of navigation.*

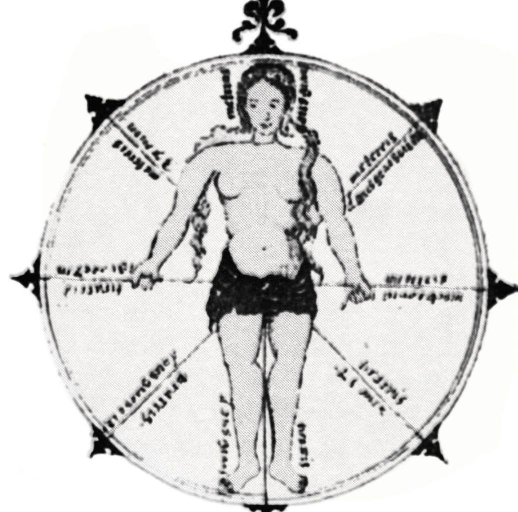


Figure 13 — *Roda com o Regimento do Norte,* Martin Cortés de Albacar

1560 **1563** - L'*Atlas* de Lázaro Luís présente une *Roda com o Regimento do Norte.*

1573 - *A Regiment of the Sea* de William Bourne [T. Dawson and T. Gardyner for John Wight] reprend les tables de Martin Cortés (1551) qu'il simplifie pour les mettre à la portée des navigateurs. Cet ouvrage célèbre pour son langage accessible à tous, fournit une table de déclinaison du Soleil pour chaque jour du mois. Dans la première édition, il existait 4 séries de tables allant de 1573 à 1592 de façon à tenir compte des années bissextiles.

1600

1670 - Oronce Fine, astronome français (1494-1555), ses travaux sont imprimés : *Cosmographie* avec la figure d'une *Roue Pôle-Homme.*
À la figure 8, la position du Pôle céleste est au nombril de l'homme, celle des Gardes correspond aux différentes parties du corps :
dans la tête, l'étoile β (Kochab) est à la verticale supérieure de la Polaire (côté horizon sud),
dans les pieds, l'étoile β est à la verticale inférieure de la Polaire (côté horizon nord),
dans le bras droit de l'homme, vu du côté gauche, elle est à l'ouest,
dans le bras gauche, vu du côté droit, elle est à l'est.

Deux positions, dans la tête et dans les pieds, correspondent au fait que Polaris et Kochab ont le même azimut.
1700 Les deux autres, dans le bras de l'est et dans le bras de l'ouest, correspondent au fait que Polaris et Kochab ont la même hauteur.



Figure 14 — *Roda* d'Oronce Fine -1670.

1745 - La *Roue Pôle-Homme* devient un instrument de construction plus complexe, avec deux volvelles pivotantes et une alidade. Elle sera connue comme **nocturlábio de ponteiro** ou **nocturlabe** (figure 15). Celui-ci se compose de deux volvelles concentriques. La première est un cadran des mois. La deuxième, mobile et munie d'un index, est un cadran des heures.
La troisième partie est une alidade mobile. Cette alidade est dirigée sur l'étoile Kochab. Sa position permet de lire l'heure sur la deuxième volvelle, à n'importe quel moment de l'année.
Au dos de l'instrument, on peut calculer l'établissement du port, à partir d'un cadran des âges de la Lune.

Utilisation du nocturlabe :
=> placer l'Étoile Polaire au centre de la roue ;
=> placer l'index de la seconde volvelle sur la date d'observation : 16 sept ;
=> placer l'alidade mobile sur Kochab ;
=> lire l'heure sur la deuxième volvelle, marquée par le bord de l'alidade qui passe par le centre du nocturlabe ;
=> soit 4 h après minuit.

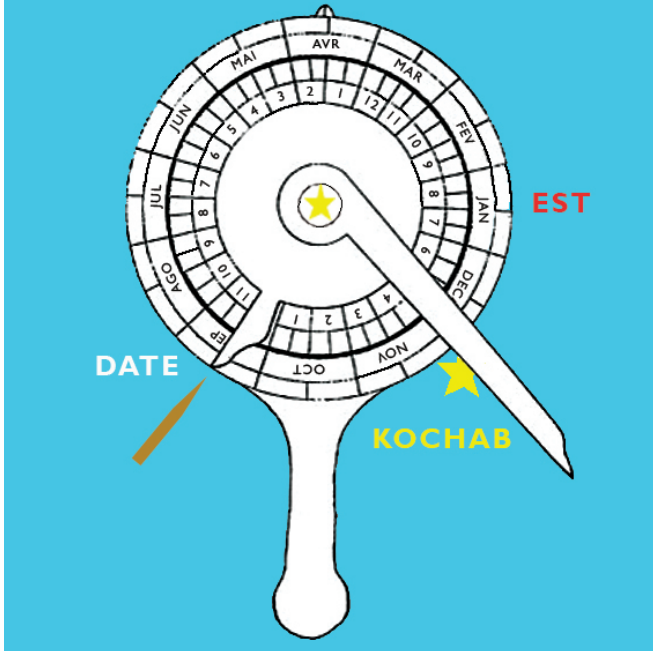


Figure 15 — *Nocturlábio de ponteiro.*

Il n'est pas innocent qu'Henri le navigateur appelle auprès de lui à Sagres et embauche en 1420 un Maître Jacomo qui semble être Yaffuda Cresques, plutôt connu sous son nom de marrane Maître Jaime Ribes. C'est un cartographe mais aussi un astronome, élève de son père Abraham et issu du célèbre centre juif des Baléares. Sa titulature auprès de la cour d'Aragon mentionne sa qualité, non seulement de facteur de portulan, mais aussi de facteur d'instruments astronomiques. Jaime Ribes est un pur produit du monde savant des Baléares, composé de juifs, très versés dans la littérature scientifique arabe. Or, la hauteur de la Polaire et le calcul des distances Nord-Sud est un classique de cette littérature.

C'est pourquoi nous avons tendance à suivre le commandant Teixeira dans son hypothèse et à attribuer au majorquin une part importante, sinon la totalité de la découverte de la mise au point de la méthode et, surtout, de l'instrument, la *Roue Pôle-Homme* et le quadrant nautique qui permettent l'observation de la Polaire à bord.

Revenons sur ses mots : « *Il y eut une phase antérieure [au calcul de la latitude] celle de l'utilisation des différences de hauteur [c'est la méthode d'Ibn Majid]. La méthode est très simple. Au départ du Portugal, on observait la Polaire pour une position déterminée des Gardes et l'on marquait sur le limbe l'endroit où tombait la plombée. Au cours du voyage on observait la Polaire, les Gardes étant dans la même position et on marquait la plombée. On comptait les degrés entre les deux marques. En multipliant le nombre de degrés par 16 lieues 2/3, on avait ainsi le chemin Nord- Sud (en lieues). C'est-à- dire que, pour donner la latitude, le quadrant était lu en termes de distances et non pas en termes de mesure angulaire pour donner la latitude* ».

En ce qui concerne la navigation, mise au point pendant le Moyen Âge, on peut dire que le voyage de retour du premier voyage de Christophe Colomb est un excellent résumé de l'usage en vraie grandeur des nouvelles méthodes de navigation. On y retrouve en effet l'estime dans sa pratique détaillée et chiffrable. On y voit aussi le fonctionnement de la volta et le problème qu'elle pose au navigateur pour tourner au moment précis qui permettra de retrouver la route du retour. Elle montre aussi comment le navigateur tente de résoudre ce problème en cherchant à retrouver son ciel de départ, y compris par l'observation de la hauteur de la Polaire. Nous comprenons par-là l'évolution qui mènera bientôt de cette première pratique, héritée des Arabes à une nouvelle technique, beaucoup plus sophistiquée mais universelle, bâtie sur la base scientifique de la latitude par le Soleil.

Jusqu'à l'invention de la carte de Mercator (1569), il n'y a aucune cohérence entre les deux méthodes mais une simple coexistence. En effet, ce n'est que sur cette carte que le navigateur pourra simultanément tracer sa route et les résultats de ses calculs de hauteurs astronomiques : la latitude.

Michel Com'Nougué, *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge*, CNAM Abbé Grégoire - Histoire Techniques Technologie Patrimoine, doctorat du 29 novembre 2012.

3 - LA *ROUE PÔLE-HOMME* - cadran des heures

de Pierre Garcie dit Ferrande

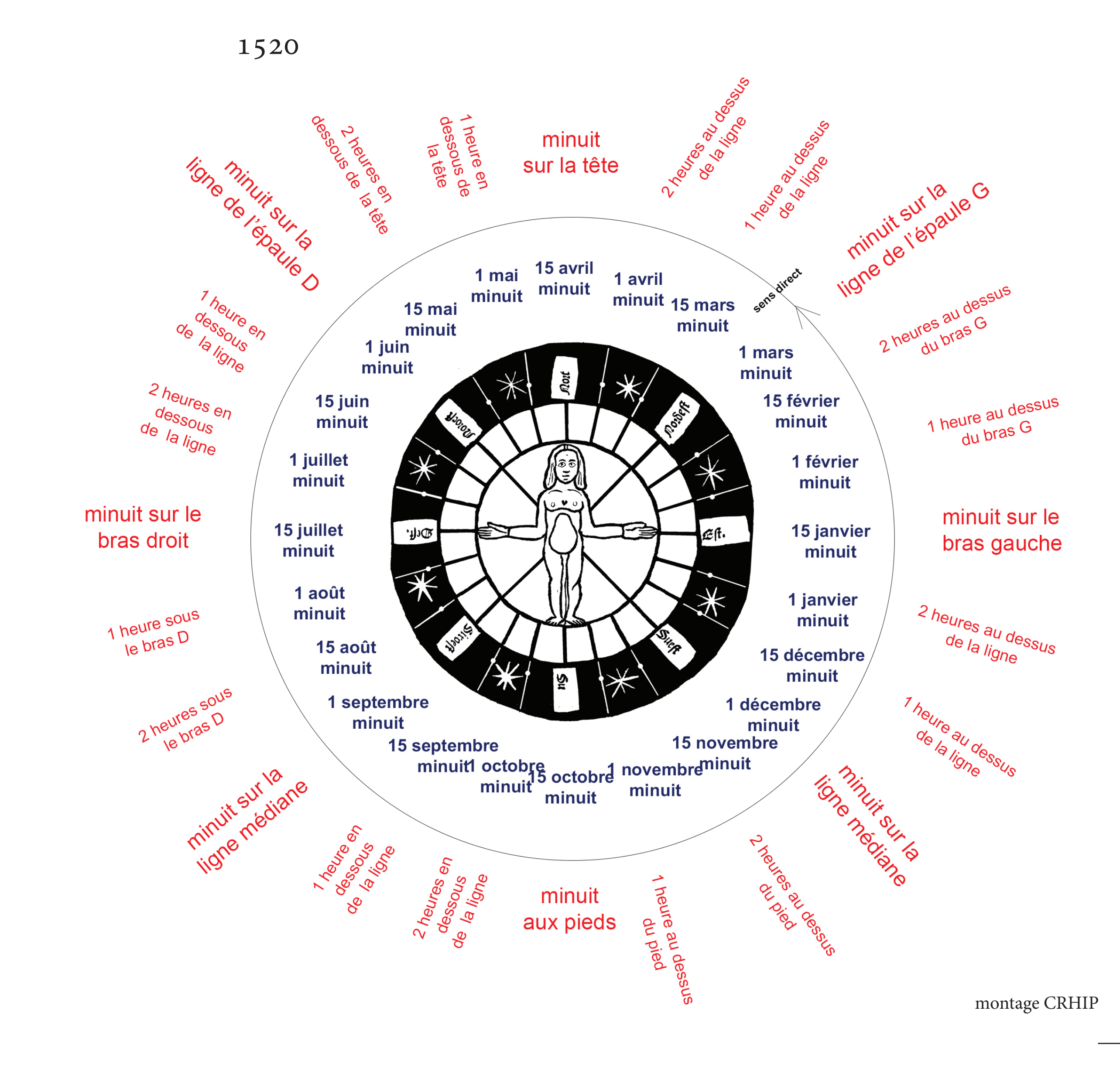
1520

Il faut se souvenir que le mode opératoire médiéval fonctionne sur ce que l'on pourrait de nos jours appeler un modèle de « montre ». Deux aiguilles désignent les positions horaires, celle du soleil (l'heure solaire) et celle des étoiles (l'heure sidérale). Comme on ne sait pas encore calculer la vitesse relative de ces deux mouvements qui seront mis dans le même sens mais à vitesse différente, on fait apparaître chaque jour la différence de position des aiguilles.
Mais une fois ces positions fixées on suppose pour la commodité des calculs que les deux aiguilles tournent dans le sens direct (sens inverse des aiguilles d'une montre, qui n'existe pas au Moyen Âge) à la vitesse du soleil à raison d'un tour par 24 heures. L'aiguille des étoiles aura un retard avec l'aiguille solaire à chaque 24 heures.
Michel Com'Nougué, *Les Nouvelles Méthodes de Navigation* ..., 2012.

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520

Sache que lorsque les Gardiennes du Pôle, c'est-à-dire les deux étoiles [Kochab et Pherkad], seront en chacun des rhumbs ou quarts de vents représentés ci-dessus de telle manière que chaque quart vaut une heure de nuit ou de jour, comme il sera écrit par la suite, [c'est] dans cette condition qu'il sera minuit ou aube de jour, et tu pourras le savoir par la figure et compas qui précèdent.

Et note que la figure de l'homme mise au dit compas sera manifeste des choses dites. En mettant au cœur de l'homme l'étoile du nord, le chef contremont. Et comprendre par similitude que le chef de l'homme fait le nord. Et quand les deux étoiles seront droit dessus le chef : elles seront au nord. Et ainsi des autres membres comme ils sont figurés. f° 3r (p. 5)



montage CRHIP

Avec *Le Grant Routtier,* (1520) Pierre Garcie transmet un instrument de navigation, la ***Roue Pôle-Homme*** et son mode d'emploi, le **Règlement du Nord**. Cet ensemble permet de calculer l'heure nocturne, la hauteur de la Polaire et par déduction la latitude du lieu, puis de calculer l'âge de la Lune en vue de définir l'établissement d'un port.

La *Roue Pôle-Homme* est un cadran des heures, étalonné en 24 heures par l'aiguille céleste : Étoile Polaire > Gardes.

Pierre Garcie annonce un instrument nautique, en l'absence de sablier (horloge), quadrant et compas de mer (boussole - note 9 page 10). Cette *Roue Pôle-Homme* présente 24 secteurs, utilisés comme 24 heures pour la couronne extérieure (2 fois 12 heures) et 24 quinzaines de jours pour la couronne intérieure avec un corps humain au centre. Le sens est direct d'est en ouest, (sens inverse des aiguilles d'une « montre », expression utilisée par commodité, il n'existe pas de montre au Moyen Âge). En cas de perte de l'appareil, le corps d'un humain peut servir de repère mnémotechnique.

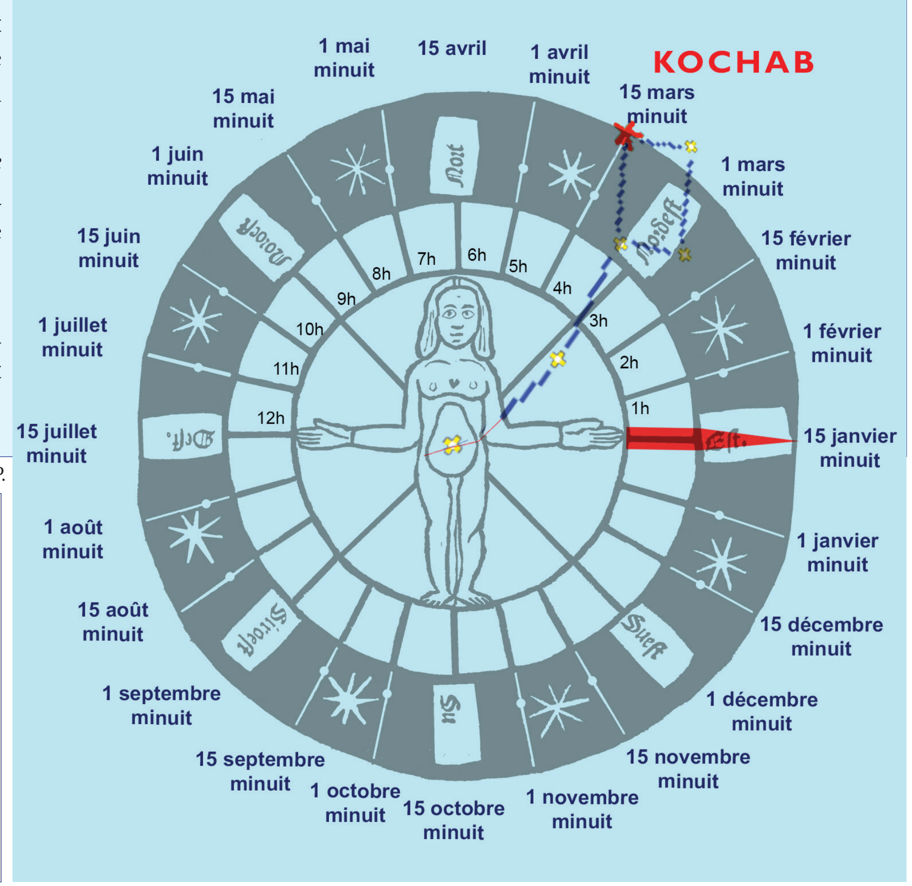
Pierre Garcie associe à la *Roue Pôle-Homme* un Règlement, expliquant son utilisation. Les deux textes, le Règlement du Nord de Pierre Garcie et celui portugais d'Évora, sont identiques.

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier,* 1520

Et pour de cette manière, mieux comprendre, il est chose convenable d'avoir aucun commencement, lequel se fera au premier mois de l'année qui se nomme Janvier.
À la mi-janvier, les Gardes vont vers l'est à minuit, et les Gardes vers le nord à l'aube de jour.
À la fin de janvier, les Gardes vont vers l'est quart de nord-est à minuit, et les Gardes vers le nord quart de nord-est à l'aube de jour.
À la mi-février, les Gardes vont vers le nord-est un quart de l'est à minuit, et les Gardes vers le nord à l'aube de jour.
À la fin de février, les Gardes vont vers le nord-est à minuit, et les Gardes vers le nord quart de nord-est, à l'aube de jour
À la mi-mars, les Gardes vont vers le nord-est quart de nord à minuit, et les Gardes vers le nord-ouest quart de nord à l'aube de jour.
À la fin de mars, les Gardes vont vers le nord quart de nord-est à minuit, et les Gardes vers le nord-ouest à l'aube de jour.
À la mi-avril, les Gardes vont vers le nord à minuit, et les Gardes vers le nord-ouest à l'aube de jour.
À la fin d'avril, les Gardes vont vers le nord quart de nord-ouest à minuit, et les Gardes vers le nord-ouest quart d'ouest à l'aube de jour.
À la mi-mai, les Gardes vont vers le nord-ouest quart de nord à minuit, et les Gardes vers l'ouest quart de nord-ouest à l'aube de jour.
À la fin de mai, les Gardes vont vers le nord-ouest à minuit, et les Gardes vers l'ouest à l'aube de jour
À la mi-juin, les Gardes vont vers le nord-ouest quart d'ouest à minuit, et les Gardes vers l'ouest à l'aube de jour.
À la fin de juin, les Gardes vont vers l'ouest quart de nord-ouest à minuit, et les Gardes vers l'ouest quart de sud-ouest à l'aube de jour
À la mi-juillet, les Gardes vont vers l'ouest à minuit, et les Gardes vers le sud-ouest quart de sud à l'aube de jour.
À la fin de juillet, les Gardes vont vers l'ouest quart de sud-ouest à minuit, et les Gardes vers le sud quart de sud-ouest à l'aube de jour
À la mi-août, les Gardes vont vers le sud-ouest un quart d'ouest à minuit, et les Gardes vers le sud à l'aube de jour.
À la fin d'août, les Gardes vont vers le sud-ouest à minuit, et les Gardes vers le sud quart de sud-est à l'aube de jour.
À la mi-septembre, les Gardes vont vers le sud-ouest quart de sud à minuit, et les Gardes vers le sud-est quart de sud à l'aube de jour.
À la fin de septembre, les Gardes vont vers le sud quart de sud-ouest à minuit, et les Gardes vers le sud-est à l'aube de jour.
À la mi-octobre, les Gardes vont vers le sud à minuit, et les Gardes vers le sud-est quart de l'est à l'aube de jour.
À la fin d'octobre, les Gardes vont vers le sud quart de sud-est à minuit, et les Gardes vers l'est quart de sud-est à l'aube de jour.
À la mi-novembre, les Gardes vont vers le sud-est quart de sud à minuit, et les Gardes vers l'est quart de nord-est à l'aube de jour.
À la fin de novembre, les Gardes vont vers le sud-est à minuit, et les Gardes vers le nord-est quart d'est à l'aube de jour.
À la mi-décembre, les Gardes vont vers le sud-est quart d'est à minuit, et les Gardes vers le nord-est quart de nord à l'aube de jour. Et la nuit commence à diminuer.
À la fin de décembre, les Gardes vont vers l'est quart de sud-est à minuit, et les Gardes vers le nord quart de nord-est à l'aube de jour. f° 3r (p. 5 et 6)

La *Roue Pôle-Homme* est un **cadran aux étoiles** : la couronne extérieure de 24 secteurs représente une année, 365 jours, étalonnés par quart de 15 jours. Le 15 janvier est placé sur l'EST. C'est le **cadran des mois**. Le sens direct (sens inverse au sens des aiguilles d'une montre) va d'est en ouest, de la droite vers la gauche en haut.
La deuxième couronne est étalonnée pour afficher les 2 fois 12 heures d'une journée ; chaque quart = 1 heure. C'est le **cadran des heures**. Le sens direct est aussi d'est en ouest.
En fait, par son principe, la *Roue Pôle-Homme* ne fournit pas le temps solaire, mais le temps sidéral. Les étoiles en effet, dans leur mouvement apparent autour de la Polaire, font le tour, 360°, dans le sens direct en 23 heures et 56 min, et non, comme le Soleil, en 24 heures en moyenne. Au bout d'un jour, il y a donc une différence de 4 minutes. L'horloge stellaire a 4 minutes d'avance. C'est négligeable sur la durée une nuit. Mais cet écart de 4 minutes se cumule de jour en jour, si bien qu'au bout de 10 jours, il est déjà de 40 minutes et cela ne devient pas négligeable. Le réglage se fait tous les jours à minuit avec l'étoile polaire.

En Atlantique, un marin qui veut calculer l'heure la nuit du 15 février 1520 met la *Roue Pôle-Homme* face à soi, contrairement à une utilisation normale d'une rose des vents qui est placée horizontalement pour les mesures d'angle. Du point de vue astronomique, et contrairement à une carte terrestre, vous observez des objets situés au-dessus de vous et non en dessous : d'où le fait que l'est et l'ouest sont respectivement à gauche et à droite ; le haut est le sud et le bas est le nord.
Si on observe le ciel on constate que les étoiles tournent autour du Pôle, de la droite vers la gauche en haut (sens direct), quand on les observe, face au nord sous nos latitudes. Le Soleil et la Lune tournent, quant à eux, de la gauche vers la droite toujours dans l' hémisphère nord (sens indirect ou sens des aiguilles d'une « montre », mais on les observe face au sud. Pourtant le mouvement apparent des astres étant dû à la rotation terrestre, les astres tournent d'un même mouvement dans l'espace, c'est la position de l'observateur qui les fait paraître changer de sens. Il faudrait spécifier chaque fois la position de l'observateur : face au sud ou face au nord ; les explications deviennent alors pénibles. Pour y remédier, on prend pour repère cet homme de la *Roue Pôle-Homme*, épinglé sur le Pôle Nord céleste et qui regarde donc toujours vers le sud et on parlera de la position d'un astre en disant qu'il est dans le bras droit ou bien dans le bras gauche. La Polaire étant au nombril du bonhomme, le méridien coupe l'horizon par les pieds au nord et dans le prolongement de la tête au sud. On sait désormais de quoi on parle d'une façon simple.
Il s'agit donc d'une simple convention de signe exactement comme on a inventé tribord et bâbord qui sont des directions repérées par rapport à l'avant du navire, alors que les mots de droite et gauche sont un repérage par rapport à l'observateur.
Michel Com'Nougué, *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge*, 2012.



montage CRHIP.

Utilisation de la *Roue Pôle-Homme*
pour calculer l'heure nocturne du 15 février 1520
=> 1ère couronne, [mi-janvier] orientée vers EST ;
=> l'Étoile Polaire au centre de la roue ;
=> pointer Kochab sur le bord extérieur ;
=> sur la 2e couronne, compter les heures entre la position/Kochab et la position/mi-janvier soit 4 heures ;
=> sur la 1ère couronne, positionner la date du 15 février et lire l'écart avec la position/mi-janvier, soit 2 heures ;
=> faire la différence entre l'heure relevée de la Kochab et l'heure de la date d'observation, soit 4 - 2= 2 h ;
=> Kochab est après la date de lecture du 15 février-minuit, d'où rajout à minuit ; il est 2 heures après minuit, au moment de l'observation.

Ci-dessous un comparatif du Règlement d'Évora et du Règlement du Nord de Pierre Garcie, avec la durée de la nuit en heures ou aires/quarts.

1 heure / 1 quart			Règlement d'Évora	Pierre Garcie	
janvier	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit au bras gauche	à l' E	
			à l'aube	au N	+6 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit 1 heure au-dessus du bras G	à l' E 1/4 NE	
			à l'aube	au N 1/4 NE	+4 heures
février	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit 2 heures au-dessus du bras G	au NE 1/4 E	
			à l'aube	au N	+4 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit ligne de l'épaule gauche	au NE	
			à l'aube	au N 1/4 NE	+2 heures
mars	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit 1 heure au-dessus de la ligne	au NE 1/4 N	
			à l'aube	au NO 1/4 N	+4 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit 2 heures au-dessus de la ligne	au N 1/4 NE	
			à l'aube	au NO	+4 heures
avril	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit à la tête	au N	
			à l'aube	au NO	+3 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit en-dessous de la tête à 1 heure	au N 1/4 NO	
			à l'aube	au NO 1/4 O	+3 heures
mai	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit en-dessous de la tête à 2 heures	au NO 1/4 N	
			à l'aube	à l' O 1/4 NO	+3 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit ligne de l'épaule droite	au NO	
			à l'aube	à l' O	+3 heures
juin	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit en-dessous de la ligne à 1 heure	au NO 1/4 O	
			à l'aube	à l' O	+2 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit en-dessous de la ligne à 2 heures	à l' O 1/4 NO	
			à l'aube	à l' O 1/4 SO	+2 heures

			Règlement d'Évora	Pierre Garcie	
juillet	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit au bras droit	à l' O	
			à l'aube	au SO 1/4 S	+4 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit sous le bras D à 1 heure	à l' O 1/4 SO	
			à l'aube	au S 1/4 SO	+4 heures
août	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit sous le bras D à 2 heures	au SO 1/4 O	
			à l'aube	au S	+4 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit sur la ligne intermédiaire	au SO	
			à l'aube	au S 1/4 SE	+4 heures
septembre	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit en-dessous de la ligne à 1 heure	au SO 1/4 S	
			à l'aube	au SE 1/4 S	+4 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit en-dessous de la ligne à 2 heures	au S 1/4 SO	
			à l'aube	au SE	+4 heures
octobre	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit au pied	au S	
			à l'aube	au SE 1/4 E	+4 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit au-dessus du pied à 1 heure	au S 1/4 SE	
			à l'aube	à l' E 1/4 SE	+4 heures
novembre	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit au-dessus du pied à 2 heures	au SE 1/4 S	
			à l'aube	à l' E 1/4 NE	+5 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit sur la ligne médiane	au SE	
			à l'aube	au NE 1/4 E	+5 heures
décembre	milieu	*les Gardes se trouvent*	à minuit au-dessus de la ligne à 1 heure	au SE 1/4 E	
			à l'aube	au NE 1/4 N	+6 heures
	fin	*les Gardes se trouvent*	à minuit au-dessus de la ligne à 2 heures	à l' E 1/4 SE	
			à l'aube	au N 1/4 NE	+6 heures

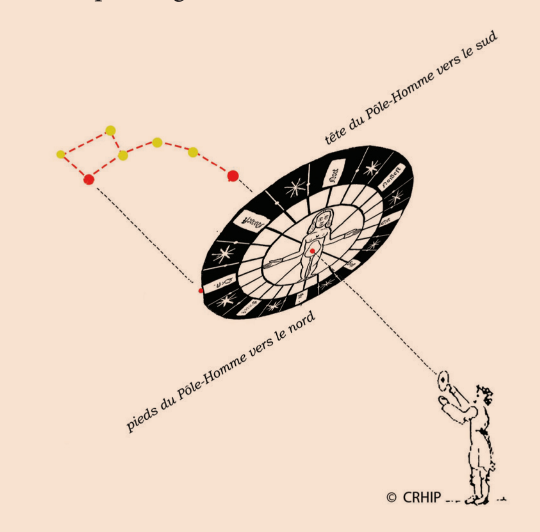
minuit sur la tête
1 heure en dessous de la tête
2 heures en dessous de la tête
minuit sur la ligne de l'épaule D
1 heure en dessous de la ligne
2 heures en dessous de la ligne
minuit sur le bras droit
1 heure sous le bras D
2 heures sous le bras D
minuit sur la ligne médiane
1 heure en dessous de la ligne
2 heures en dessous de la ligne
minuit aux pieds
1 heure au dessus du pied
2 heures au dessus du pied
minuit sur la ligne médiane
1 heure au dessus de la ligne
2 heures au dessus de la ligne
minuit sur le bras gauche
1 heure au dessus du bras G
2 heures au dessus du bras G
minuit sur la ligne de l'épaule G
1 heure au dessus de la ligne
2 heures au dessus de la ligne

15 avril minuit
1 mai minuit
15 mai minuit
1 juin minuit
15 juin minuit
1 juillet minuit
15 juillet minuit
1 août minuit
15 août minuit
1 septembre minuit
15 septembre minuit
1 octobre minuit
15 octobre minuit
1 novembre minuit
15 novembre minuit
1 décembre minuit
15 décembre minuit
1 janvier minuit
15 janvier minuit
1 février minuit
15 février minuit
1 mars minuit
15 mars minuit
1 avril minuit

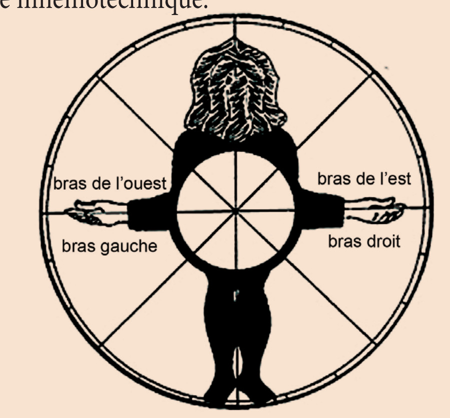
Nort
Est
Su

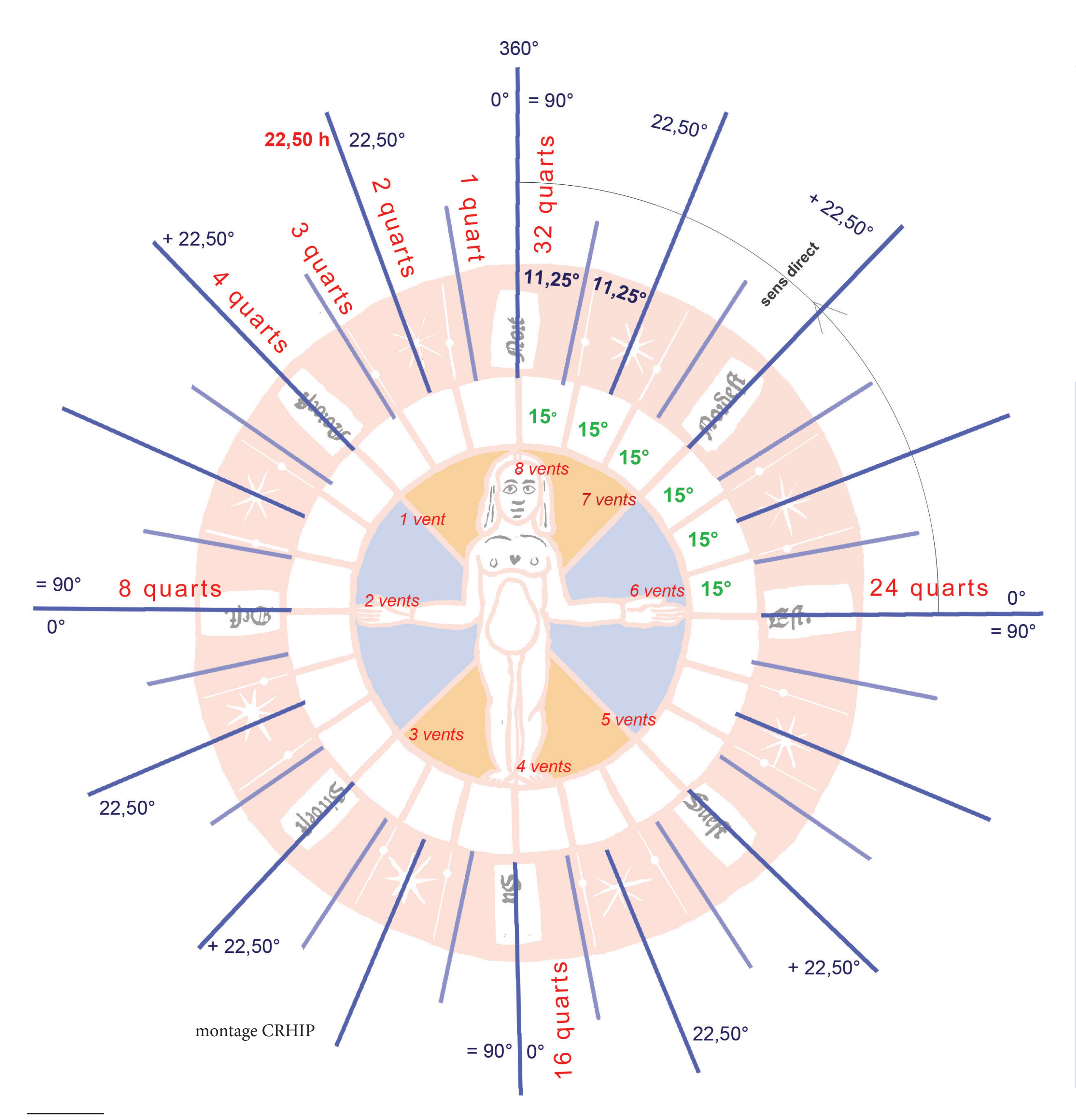
montage CRHIP
Roda do Homen do Polo - Règlement d'Évora
Roue Pôle-Homme de Pierre Garcie - 1520

On prend pour repère l'homme de la *Roue Pôle-Homme*, épinglé sur le Pôle Nord céleste et qui regarde donc toujours vers le sud et on parlera de la position d'un astre en disant qu'il est dans le bras droit ou bien dans le bras gauche. La Polaire étant au nombril de l'homme, le méridien coupe l'horizon par les pieds au nord et dans le prolongement de la tête au sud.



En cas d'absence de cet instrument, le corps d'un marin, placé en vis à vis, vue de dos, peut servir de repère mnémotechnique.





4 - LA *ROUE PÔLE-HOMME* cadran aux étoiles

de Pierre Garcie dit Ferrande

1520

La *Roue Pôle-Homme* est un **cadran rose des vents** :

- la première couronne (bleu/marron) de 8 vents représente 360°, étalonnée par quart de 1 vent = 45° ; les 4 cardinaux N S E O et les 4 intercardinaux, NE SE SO NO.

- la deuxième couronne (blanche) de 24 quarts représente 360°, étalonnée par quart de 15° ; c'est un cadran de montre avec 8 divisions principales les points cardinaux et intercardinaux, les rhumbs (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO, N) qui correspondront aux heures rondes de 3 en 3 (0/minuit, 3, 6, 9, 12/midi, 15, 18, 21, minuit).

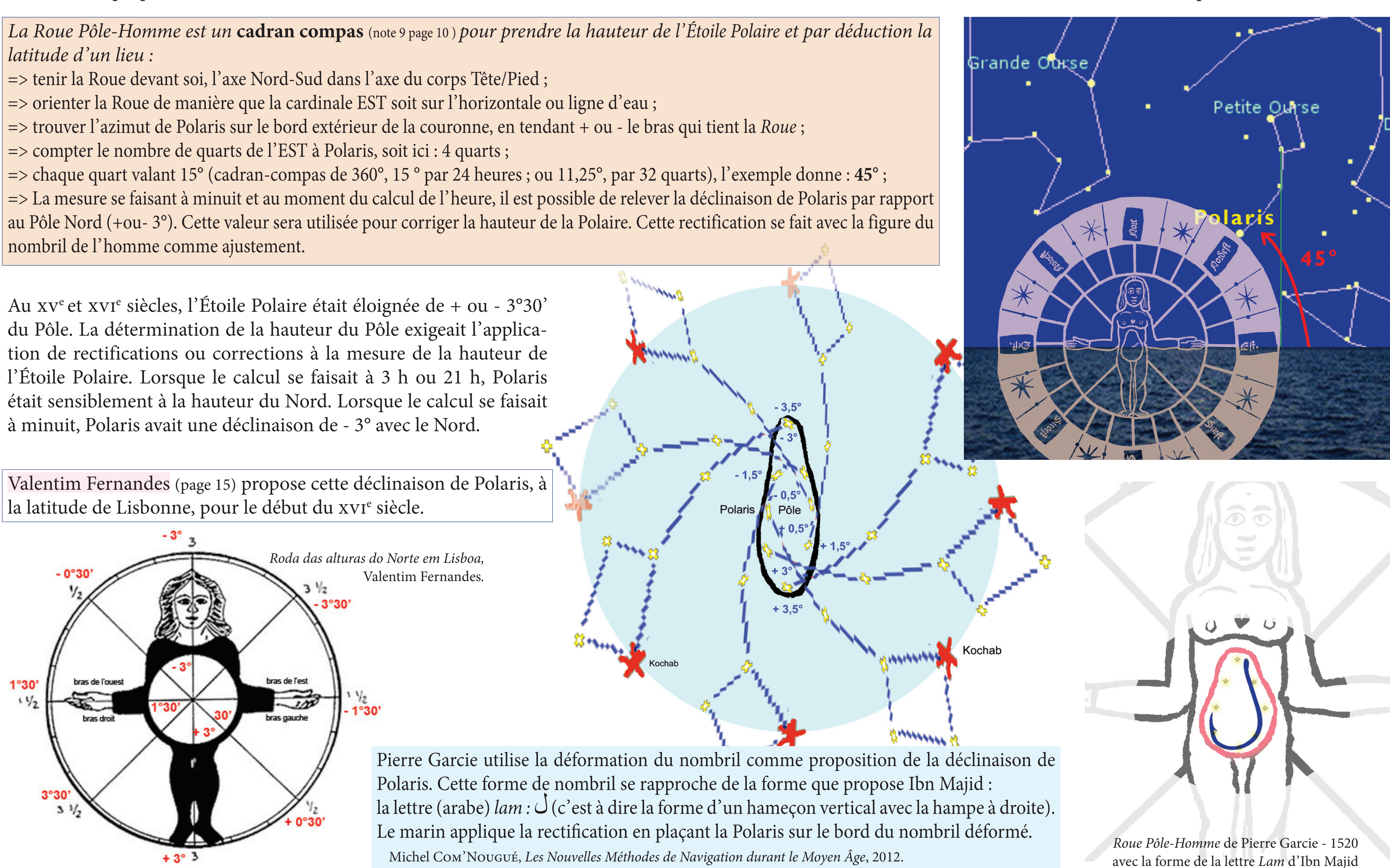
- la troisième couronne (rose) de 32 quarts (dessin étoilé), représente 360°, étalonnée en secteur de 11,25° (ou 11°15'). Deux secteurs deviennent 22,50° (ou 22°30'). Par équivalence, c'est le retard de la lune sur le soleil à minuit pour une lunaison ; sa valeur est de deux quarts ou 22 h 30 (ou 22,50 h - résultat de 45 minutes x 30 jours).

En conséquence, les relèvements sont des valeurs de temps ; un rhumb (première couronne) vaut 3 heures (deuxième couronne), divisible en 4 quarts de 45 minutes chacun (troisième couronne).

Règlement de la hauteur de l'Étoile Polaire (Polaris) suivant le Grant Routtier (1520) pour trouver la latitude.

Pierre Garcie propose le calcul de la hauteur de l'Étoile Polaire, Polaris, et de sa déclinaison au Pôle Nord, avec la *Roue Pôle-Homme* utilisée comme quadrant.

La Roue Pôle-Homme est un **cadran compas** (note 9 page 10) *pour prendre la hauteur de l'Étoile Polaire et par déduction la latitude d'un lieu :*
=> tenir la Roue devant soi, l'axe Nord-Sud dans l'axe du corps Tête/Pied ;
=> orienter la Roue de manière que la cardinale EST soit sur l'horizontale ou ligne d'eau ;
=> trouver l'azimut de Polaris sur le bord extérieur de la couronne, en tendant + ou - le bras qui tient la *Roue* ;
=> compter le nombre de quarts de l'EST à Polaris, soit ici : 4 quarts ;
=> chaque quart valant 15° (cadran-compas de 360°, 15 ° par 24 heures ; ou 11,25°, par 32 quarts), l'exemple donne : **45°** ;
=> La mesure se faisant à minuit et au moment du calcul de l'heure, il est possible de relever la déclinaison de Polaris par rapport au Pôle Nord (+ou- 3°). Cette valeur sera utilisée pour corriger la hauteur de la Polaire. Cette rectification se fait avec la figure du nombril de l'homme comme ajustement.



Au XVᵉ et XVIᵉ siècles, l'Étoile Polaire était éloignée de + ou - 3°30' du Pôle. La détermination de la hauteur du Pôle exigeait l'application de rectifications ou corrections à la mesure de la hauteur de l'Étoile Polaire. Lorsque le calcul se faisait à 3 h ou 21 h, Polaris était sensiblement à la hauteur du Nord. Lorsque le calcul se faisait à minuit, Polaris avait une déclinaison de - 3° avec le Nord.

Valentim Fernandes (page 15) propose cette déclinaison de Polaris, à la latitude de Lisbonne, pour le début du XVIᵉ siècle.

Roda das alturas do Norte em Lisboa, Valentim Fernandes.

Pierre Garcie utilise la déformation du nombril comme proposition de la déclinaison de Polaris. Cette forme de nombril se rapproche de la forme que propose Ibn Majid :
la lettre (arabe) *lam* : ل (c'est à dire la forme d'un hameçon vertical avec la hampe à droite).
Le marin applique la rectification en plaçant la Polaris sur le bord du nombril déformé.

Michel Com'Nougué, *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge*, 2012.

Roue Pôle-Homme de Pierre Garcie - 1520
avec la forme de la lettre *Lam* d'Ibn Majid

5 - LA *ROUE PÔLE-HOMME*
cadran compas de route

de Pierre Garcie dit Ferrande

1520

Figure 1 — *Roue Pôle-Homme*, cadran compas - CRHIP

pied de roi et compas, XVIIe siècle - CRHIP

La *Roue Pôle-Homme* est un **cadran compas de route** - *Figure 1* :
- 80 lieues, unité de distance étalonnée sur une suite de 8 quarts, ou 2 rhumbs, ou **1 vent** [1].
- 40 lieues, unité de distance étalonnée sur une suite de 4 quarts, ou **1 rhumb de vent**. [2].
- 20 lieues, unité de distance étalonnée sur une suite de 2 quarts, ou **1/2 rhumb de vent**. [3].
- 10 lieues, unité de distance étalonnée sur 1 quart (4), ou **1/4 de rhumb de vent**. [4].
- 12 lieues, unité de distance étalonnée sur ***1 trait avec point*** [5] de la 3e couronne.

Pierre Garcie décrit une *Roue Pôle-Homme*, utilisable comme rose des vents, constituée de 8 rhumbs ou 32 quarts. Le dessin représente les huit directions premières [N - NO - O - SO S - SE - E - NE] avec huit étoiles intercalées pour les directions secondaires [NNO - ONO - OSO - SSO - SSE - ESE - ENE - NNE]. Le marin a ainsi un cadran compas de mer (note 9 page 10) de 16 directions représentées (chacune de ½ rhumb ou 2 quarts) et 16 autres directions imaginaires. Ce compas permet d'exprimer le cap suivi par le navire avec 32 quarts de vent, et par équivalence avec deux fois 12 heures ou encore en huit fois 45°.
Cet ensemble permet de représenter, succinctement sur une carte (page 31), la dérive d'un bateau en fonction de sa route, des courants et du vent.

LE RÈGLEMENT DES LIEUES

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520
Voici sur la manière de router. Si tu veux bien mesurer une route, avec perfection, il faut savoir ce que je t'enseignerai.
Premièrement, sache qu'une route de 80 lieues, que tu feras au large, avec un de ces quarts de vent ; tu portes un navire 16 lieues vers le haut [nord] ou vers le bas [sud].
Exemple familier : si tu veux naviguer sur une route qui vise le nord et le sud comme [de] Belle-Île à Santoña et que tu prennes un quart de nord-est ou de sud-ouest ou de nord-ouest ou de sud-est, ce quart de vent te déportera [de] 16 lieues en 80 lieues.
Sache qu'en 80 lieues, un demi-rhumb de vent qui fait 2 quarts de vent porte un navire 32 lieues au nord ou au sud.
Sache qu'en 40 lieues de voile, un demi-rhumb de vent ne vaut que 16 lieues.
Sache qu'en une route de 160 lieues, un quart de vent vaut 32 lieues.
Sache qu'en 40 lieues de voile, un quart de vent ne vaut que 8 lieues au nord ou au sud.
Sache qu'en une route de 20 lieues, un quart de vent, vers le large de [la] route, ne vaut que 4 lieues.
Et en toutes ces routes maritimes, il faut savoir s'il y a des marées qui vont vers le nord ou le sud.
Et s'il n'y a aucune marée, il faut bien les mesurer ; et s'il advient qu'en faisant la navigation et route qu'il te faille mettre ton navire à la cape et qu'il te convienne de capeler, il faut bien que tu prévoies en quel rhumb de vent tu mettras le cap de ton navire ; car un navire, mis à la cape, court toujours face au vent. Et pour cela, mets ton navire en sécurité afin que tu ne sois pas déçu. f° 7r (p. 13)

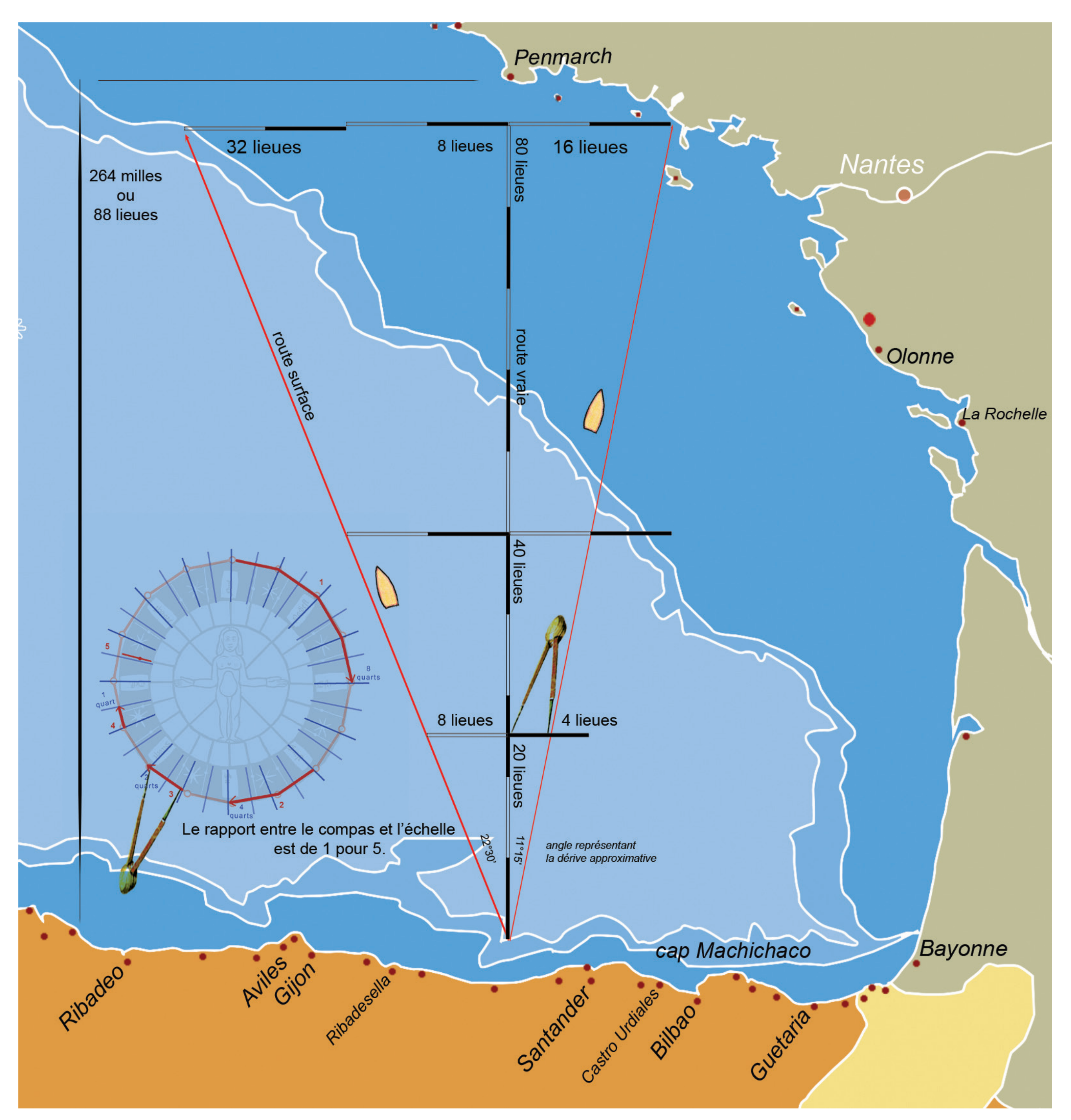
LA NAVIGATION À L'ESTIME

En 1492, dans son journal, Christophe Colomb considère que le navire ne suit jamais la route qu'il est supposé suivre. Les problèmes à résoudre au quotidien sont donc des problèmes de dérive. Pierre Garcie propose un Règlement des lieues et de la dérive à estimer.
L'estime est une méthode de navigation où la position actuelle du navire est déduite en reportant la direction suivie et la distance parcourue à partir d'un point de départ parfaitement connu. C'est, à ce moment, une méthode graphique qui doit être reportée sur une carte, le portulan. La transcription graphique de la route est le cadre dans lequel s'inscrit le graphique de l'estime. Cela semble sûr : on part sur une route oblique Nord-Sud jusqu'à couper la latitude du port d'arrivée et, de ce point sur une parallèle est-ouest, on continue sur cette parallèle jusqu'au port d'arrivée. Mais l'expérience nous montre que le navire pourra rarement suivre cette route tout du long ; des sautes de vent vont engendrer des parcours parasites qu'il faudra prendre en compte. Il faut donc à la moindre altération forcée de la route être capable de tracer sur la route initiale le point où cet incident a lieu. Pour cela il suffit de connaître le nombre de milles parcourus depuis le départ et de les reporter sur la carte après les avoir transformés en distance sur la carte par le truchement de l'échelle portée en marge ou de la *Roue Pôle-Homme*, prise comme mesure.

1° DE MÉRIDIEN

Pour déterminer la distance parcourue à un cap (quart) donné, pour effectuer la différence de latitude entre les points de début et de fin du calcul d'estime, et pour évaluer les chemins parcourus le long de l'axe idéal de la progression et en s'écartant de cet axe, il fallait d'abord fixer la longueur d'1° de méridien. On adopta d'abord une base de 16,50 lieues par degré de latitude, soit 50 milles par degré ou 50 lieues pour 3°. Christophe Colomb utilisait un facteur de 14,20 lieues. On proposa plus tard une valeur plus large de 17,50 lieues par degré de latitude.
Bensaude[1] rappelle que le Règlement d'Évora[2] sert à déterminer combien de lieues il faut compter par degré dans chacune des aires de vent décrites et cela du nord au sud : « *Tu dois savoir que*

1 - Joaquim Bensaude, *L'astronomie nautique à l'époque des Grandes Découvertes*, Bern, Akademische Buchhandlung Von Max Dreschsel, 1912 - www.persee.fr/doc/jsa_0037-9174_1919_num_11_1_3824_t1_0341_0000_1
2 - *Regimento para saberes quantas leguas entram por grao por cada uma destas quartas abaixo escriptas, e isto do norte e sul.*



le degré du nord au sud équivaut à 17,50 lieues et que 60 minutes font un degré. Nous croyons pouvoir admettre que la première mesure employée au Portugal a été celle de 17,50 lieues par degré ... Et si la route à parcourir se trouve exactement dans la direction de l'est ou de l'ouest, on ne peut compter les lieues sur aucun degré parce que tout le long du chemin tu conserves la même latitude qu'au point de départ. Et, si tu t'écartes de cette route, tu sauras par la différence de latitude de combien tu t'en es éloigné. Cependant les eaux (les courants, etc.) peuvent donner lieu à de grandes erreurs. »

Pierre Garcie donne, par estimation de toutes ses mesures, que la valeur d'un degré de latitude est de 16 lieues ou ½ rhumb de vent (f°7r).

À partir du texte de Pierre Garcie, il est possible de poser une table de déviation ou de *marteloire*.

route sur	écart au départ = 1 quart/11°15' déviation en lieues	écart au départ = 2 quarts/22°30' déviation en lieues
10 lieues	2	4
20 lieues	4	8
40 lieues	8	16
80 lieues	16	32
160 lieues	32	64

Cela signifie que si vous faites 80 lieues à un cap différent de 2 quarts de vent de votre route désirée, vous serez écarté de 32 lieues de votre point désiré. C'est le résultat de la formule :

=> Écart = *Longueur parcourue* (en milles)
x *Sinus de l'angle de déviation.*

Cette question était résolue graphiquement, sans calcul, par le *marteloire* (lignes entrecroisées sur les portulans).

Hubert Michéa, capitaine au long cours, Société des amis des musées de la Marine.

montage CRHIP

La *Roue Pôle-Homme* est considérée comme un compas à 32 aires de vent. Le pilote trace sa route (*figure 2*) en utilisant les lignes inscrites en rose des vents sur une carte marine ou portulan. Ces lignes s'appellent un *marteloire*. Il trace ainsi une route surface à partir de la vitesse estimée et du temps passé, et en conséquence, indique la distance parcourue. Puis il applique une première correction qui concerne la dérive estimée due au courant et une deuxième correction qui concerne la dérive due au vent. On obtient alors le cap vrai, qui est l'angle avec le nord que l'on doit suivre au compas pour courir sur la route fond, et un point estimé. Il établit une troisième correction avec la latitude du point d'observation qu'il mesure la nuit avec la Polaire. Il peut ajuster son point estimé avec le point d'observation.

En utilisant la méthode de calcul par la fin, le pilote peut estimer le point où il se trouve.

Cette estimation était source d'erreurs accumulées, à la suite de plusieurs jours de route. Un degré en plus ou en moins pouvait représenter 20 lieues ou 110 km d'écart avec le point recherché.

Cette science nautique pratique commence à se diffuser au xve siècle avec la *Roue Pôle-Homme*. C'est une navigation à l'estime avec l'astronomie, qui permettra de partir au large pour une navigation hauturière plus sûre.

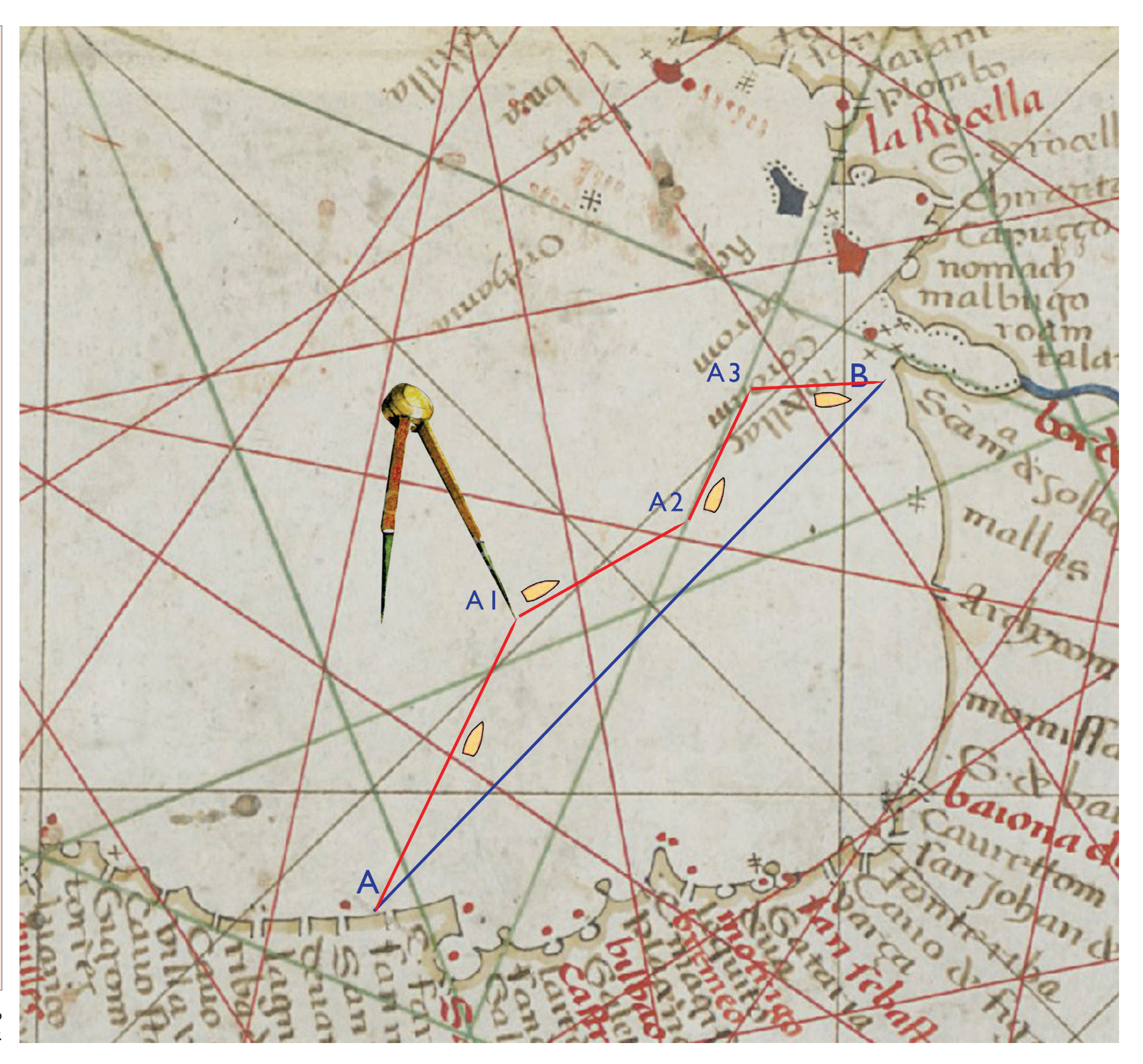


Figure 2 - route (fictive) estimée sur la carte de Gracioso Benincasa, 1466. BnF, - montage CRHIP.

6 - LA *ROUE PÔLE-HOMME* - cadran lunaire - cadran des marées

de Pierre Garcie dit Ferrande

1520

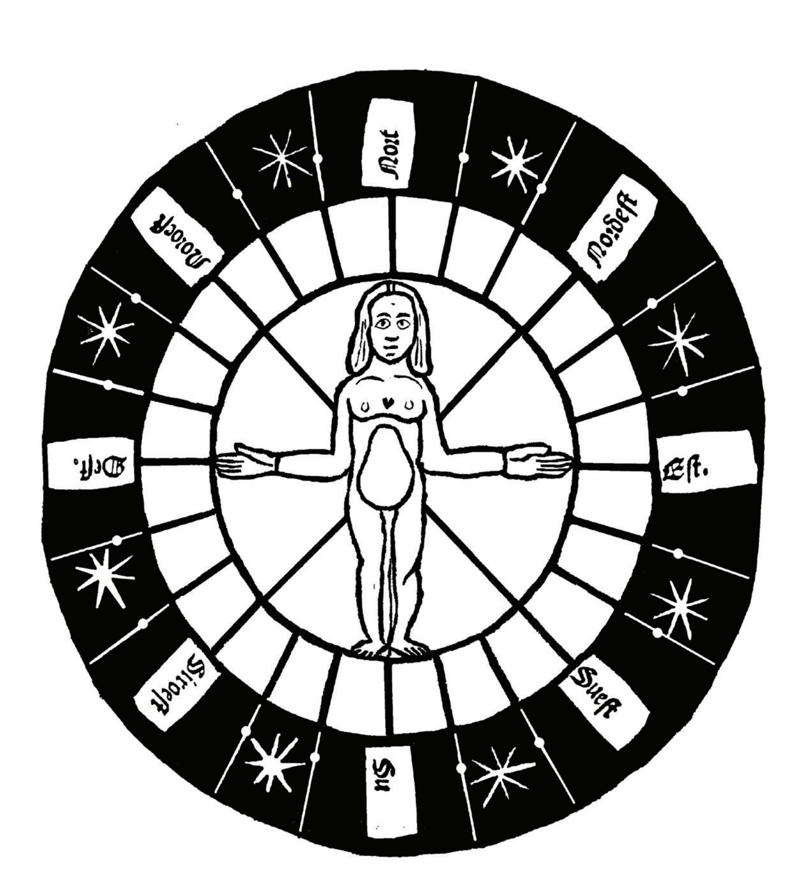


Figure 1 — *Roue Pôle-Homme* de Pierre Garcie - 1520.

Calculer l'âge de la Lune et en conséquence l'âge des marées, à un moment et en un lieu précis, sont une connaissance indispensable à l'art de naviguer. La *Roue Pôle-Homme* permet d'obtenir approximativement ces données.
Le côté éclairé de la Lune indique la direction du Soleil. Pour un observateur terrien, la Lune se « déplace » moins rapidement dans le ciel que le Soleil. À partir de la Nouvelle Lune, elle prend environ 48 minutes de retard à chaque jour (les 24 heures d'un jour divisées par les 29,53 jours de lunaison). Lors des premières phases, elle suit le Soleil et se couche peu de temps après ce dernier. Au fur et à mesure que les jours passent, la Lune se lève de plus en plus tard. Environ deux semaines après la Nouvelle Lune, elle est à l'opposé du Soleil et elle est pleine. Une semaine plus tard, la Lune est « rattrapée » par le Soleil. À partir du Dernier Quartier, elle se lève de plus en plus tôt le matin, pour finalement se lever en même temps que le Soleil lors de la Nouvelle Lune suivante.

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier,* 1520

[J'ai] composé et [je t'ai] envoyé le présent livret, qui t'apprendra à reconnaître et connaître les noms des vents et leurs rhumbs, en présupposant toutefois que tu saches, toi ou un autre, distinguer [le cycle de] la Lune [de celui] du Soleil. Le Soleil et la Lune sont les guides et gardiens de tous les braves compagnons qui voguent et naviguent à travers les ondes innombrables de la mer, pour ce qui a trait tant au transport de marchandises qu'à la pêche.
Toutefois, bien que le Soleil et la Lune te permettent de reconnaître et connaître les heures - le Soleil, de jour et la Lune, de nuit - j'ai voulu te donner à savoir et reconnaître sans voir ni Soleil ni Lune l'heure de minuit et l'aube du jour. Et tu pourras tout savoir par la figure suivante, sans avoir d'horloge mesurant les heures ou les demies, ni compas, par nuit claire. f° 2r (p. 3)
Voici la manière de trouver la Nouvelle Lune de façon très subtile. Qui veut être bon marinier. Il lui convient de trouver par raison, la manière et la façon en tout temps et saison, la Lune nouvelle. Aussi par une connaissance sans fiction tu pourras savoir en tout temps de la Lune et de son renouveau. Tu trouveras un nombre en ce livre. Quand tu l'auras, de la Lune nouvelle, tu seras sûr. Tu trouveras la pure vérité par ta main, sans l'aide d'autre livre. Ce qui est chose fort habile. f° 4r (p. 7)

Pierre Garcie décrit dans *Le Grant Routtier* (1520), avec la *Roue Pôle-Homme,* un mode opératoire permettant de calculer l'âge de la Lune et celui des marées. Chaque cadran (celui des dates, celui de l'âge de la Lune, celui des quarts et celui des marées) parait sur la même figure fixe. Plus tard, d'autres astronomes pédagogues, Pierre Apian (1530) Michel Coignet (1581), construiront des volvelles (roues articulées) de chaque cadran.

La *Roue Pôle-Homme* est un diagramme ou roue en 24 secteurs et un autre en 32 secteurs qui peut figurer le parcours d'étoiles, du Soleil et de la Lune. Sur cette roue, un *Pôle-Homme* est épinglé sur le pôle céleste et nous regarde ; l'Est ou 6 h du matin est dans sa main gauche ; le sens du mouvement est indirect (sens des aiguilles d'une montre). La vitesse des astres pour faire un tour de diagramme ne sont pas les mêmes : le Soleil fait le tour en 24 h, les étoiles (la Polaire) en 23 h 56 et la Lune en 23 h 48. Maintenant peu importe si on divise ce diagramme en 24 heures ou en 32 points. L'origine du diagramme dans un cas sera zéro heure (cadran solaire) et dans l'autre (cadran compas) le nord. Pour pouvoir parler de positions réciproques du Soleil, de la Lune ou des étoiles, il faut premièrement définir un sens ce qui est déjà fait c'est le sens indirect et deuxièmement il faut dater cette origine.
Repassons aux observations sensibles et c'est là qu'intervient le *Pôle-Homme*. En effet le zéro heure ou le nord est placé au milieu de la nuit. Il n'est possible de dater qu'un évènement : celui du passage du Soleil à la mi-journée, qui se passe vers midi (méridien), soit en fait à 12 heures. Douze heures plus tard, il sera minuit (heure solaire), le Soleil est au nord mais je ne le vois pas. Par contre, il est possible d'y observer la Polaire par les Gardes. Pierre Garcie prend pour origine de la *Roue Pôle-Homme*, le nord représenté par la Polaire.
Revenons à notre *Pôle-Homme* et plaçons nous à son point de vue. Epinglé, dos au pôle, le nord est donc au dessus de sa tète, l'est sur sa main gauche et l'ouest sur sa main droite, le sud à ses pieds. Maintenant nous sommes sûrs que l'origine se trouve à minuit (heure solaire). Le jour suivant, nous ferons tourner le tout dans un sens et constaterons un écart entre la vitesse de la Lune (par préférence à une étoile) et celle du Soleil. Nous pourrons nous poser la question suivante : quel est le jour où la Lune et le Soleil sont ensemble, pointés sur le nord ou zéro heure ? Où placer la Lune le jour après c'est-à-dire quand le Soleil est de nouveau sur le zéro heure. Il faudra ensuite se poser la même question avec la Lune. Puis peu à peu, faire la liaison entre *Roue Pôle-Homme* et la prédiction des marées, en fonction des places de la Lune et du Soleil.

Pour introduire cette question de la Lune : définition du Nombre d'or et de l'épacte.

Au Moyen Âge, les clercs savent que la Lune fait le tour de la terre en 24 heures et 48 minutes (nous adopterons 24 h 45, suivant Pierre Garcie), ce qui définit le jour lunaire exprimé en temps solaire. Ils savent également que la Lune et le Soleil passent ensemble au méridien supérieur (c'est-à-dire au nord sous nos latitudes) d'un lieu donné tous les 29,5 jours (nous adopterons 30 jours suivant Pierre Garcie), ce qui définit la lunaison, décomposée elle-même en 4 phases où la Lune se montre sous des aspects différents : Nouvelle Lune - N.L. ; Premier Quartier - P.Q. ; Pleine Lune - P.L. ; et enfin Dernier Quartier - D.Q.
En ce temps-là, peu de gens savent lire, surtout à bord des bateaux. Des procédés ont été mis au point par les hommes d'église, afin de déterminer une date commune à toute la chrétienté de la célébration de Pâques comme repère de début d'année solaire (365 jours) et de début d'année lunaire (354 jours). Il avait été décidé que l'on ferait la célébration le dimanche qui suivrait immédiatement la Pleine Lune qui elle-même suivait l'équinoxe de printemps (21 mars). Les clercs savent que le cycle lunaire comprend 235 lunaisons qui égalent 19 années solaires ; les Lunes reviennent dans le même ordre tous les 19 ans [Cycle de Méton, mathématicien grec (- 432)]. Chaque année porte un Nombre d'or. Au terme de ce cycle, les calendriers lunaires et solaires correspondront exactement ; à ce moment-là, la N.L. qui est le départ de l'année lunaire, tombera le même jour que le jour de départ de l'année solaire. Une première lunaison de 30 jours commencera alors.
Si la Lune a un jour, elle passe au méridien supérieur 45 minutes après le Soleil, c'est-à-dire à 0 h 45 solaire. Si la Lune est au P.Q., elle passe au méridien supérieur 6 heures après le Soleil, le soleil est à18 heures solaires. Si elle a 15 jours, soit P.L., elle passe au méridien supérieur 12 heures après le Soleil, c'est-à-dire à minuit. Le problème est donc une question de coïncidence ou d'écart (*épacte*) entre le calendrier lunaire et le calendrier solaire. Le diagramme des heures de la Lune et celui des heures solaires sur la *Roue Pôle-Homme*, est utilisé comme un convertisseur et évite d'avoir à faire le calcul du décalage horaire entre la Lune et le Soleil.

Michel Com'Nougué, *Le calcul des marées au Moyen Âge*, Chronique d'Histoire Maritime – SFHM, n°78, juin 2015, page 2.

Pour introduire cette question des Marées.

Les marées sont connues dès l'Antiquité. Pline en a fait une bonne description et note déjà les relations qu'il y a entre Soleil et Lune dans ce phénomène, mais elles ne sont pas étudiées dans le détail par des Méditerranéens, somme toute, peu concernés. En revanche, Bède le Vénérable, savant anglais (672-735), les observe et dégage la notion d'établissement du port (retard de la pleine mer sur le passage de la Lune au méridien supérieur, pour ce lieu). D'autre part, les mouvements de la Lune sont bien connus des scientifiques arabes et c'est grâce à la traduction d'Abou Massar en 1140 que les corrélations des marées avec les mouvements de la Lune sont remises en évidence par les clercs de l'Université au XIIe siècle.

Résumons une théorie schématique de la marée qui découle de l'observation du phénomène.
Lorsque la Lune passe au méridien du lieu, supérieur ou inférieur, soit deux fois par jour, elle entraine par ses forces d'attraction une montée des eaux. Celle-ci n'atteint son maximum, dit pleine mer, qu'avec un certain décalage constant selon chaque port ; c'est ce qu'on appelle *l'établissement du port*, découvert par Bède. Cependant, le Soleil intervient également et, selon sa conjonction (N.L. - P.L.) ou sa quadrature (P.Q. - D.Q.) avec la Lune, la montée des eaux est fortement affectée et nous avons les phénomènes de vive-eau et de morte-eau. Schématiquement, on peut dire que c'est la Lune qui commande l'horaire des marées, tandis que la conjonction Soleil-Lune détermine le coefficient. C'est surtout sur le premier point que se porte l'attention des clercs et des marins du Moyen Âge, car ce qui intéresse les marins au premier chef ce sont les problèmes de courant de marée, directement tributaires des heures de pleine mer et de basse mer.
A cette époque tous les estuaires sont naturels, sans ouvrages ou marques pour en aménager l'entrée. C'est un passage toujours délicat à négocier, car le flux et le reflux occasionnent un dépôt alluvial en travers de l'entrée, la barre, où un ou plusieurs chenaux naturels sont ménagés. Sur ces petits fonds, la houle du large se creuse jusqu'à déferler parfois à la basse mer. Pour arriver dans les meilleures conditions, il faut se présenter de jour et à mi-flot, avant le début de l'étale de pleine mer. C'est le moment où la hauteur d'eau est déjà importante, et où le courant est maximum, garantissant pour rentrer, une vitesse suffisante même si le vent est peu portant. Le but est de ne pas s'éterniser dans des parages qui restent, somme toute, malsains, surtout en cas d'un train de houle plus fort, survenant inopinément. Enfin, en cas de malheur, la réserve d'eau du montant encore à venir aidera à déséchouer éventuellement le navire.

Pour calculer l'heure de la marée à partir de l'âge de la Lune, Pierre Garcie adopte une méthode de calcul pas à pas, avec l'aide de figure ou diagramme comme la *Roue Pôle-Homme*.

Michel Com'Nougué, *Le calcul des marées au Moyen Âge*, Chronique d'Histoire Maritime – SFHM, n°78, juin 2015, page 2.

En astronome et marin pédagogue, Pierre Garcie décrit, dans *Le Grant Routtier*, quatre étapes pour utiliser la *Roue Pôle-Homme* :

Définitions préliminaires avant les calculs ;

Étape 1 : calculer le *Nombre d'or* de l'année en cours et détermination de l'*épacte* ;

Étape 2 : calculer la Nouvelle Lune (et Pleine Lune) en mars (début de l'année médiévale le 22 mars) ;

Étape 1 et 2 : autre possibilité que donne Pierre Garcie par la liste des dates du jour de Pâques, dimanche qui suit la Pleine Lune après l'équinoxe de printemps.

Étape 3 : lire l'établissement du port, lieu où le pilote veut arriver, dans le chapitre de la zone décrite par le *Grant Routtier*. Pointer sur la *Roue Pôle-Homme* ce repère, ***soit A*** (figure 6bis) ;

Étape 4 : calculer l'âge de la lune de ce port à la date énoncée : calculer l'écart entre le 15e jour de lunaison (cadran date), ***soit B*** (figure 6bis), et l'établissement du port, ***soit A***, ce qui donne un nombre de rhumb, ***soit C*** (figure 6bis) ;

Étape 4 : Pierre Garcie donne deux possibilités de calcul, soit par le cadran heure, soit par le cadran jour : « *compter la Lune par les heures, puis par les jours* » ;

La *Roue Pôle-Homme* est prête.

Étape 5 : pour calculer l'heure de la pleine mer un jour défini de l'année, il propose de pointer l'âge de la Lune sur la *Roue* et d'ajouter l'***écart C*** déjà défini précédemment.

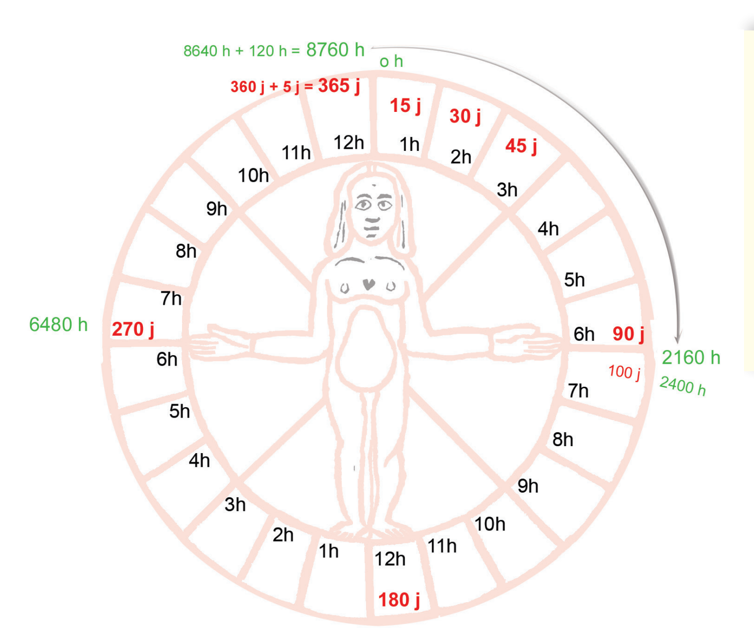
Des définitions préliminaires

=>> Le mois lunaire est de 29,5 jours solaires ou 30 jours, nous dit Pierre Garcie pour simplifier les calculs.

=>> Entre le jour solaire et le jour lunaire, le Soleil va prendre chaque jour une avance de 48 minutes. Ce qui peut se dire autrement, le jour lunaire aura un retard sur le jour solaire de 45 minutes que Pierre Garcie arrondit à 45 minutes (toujours pour simplifier les calculs). Le mois lunaire aura donc un retard de 22 h 30 sur le mois solaire (22 h 30 ou 22,50 h, résultat de 45 minutes x 30 jours) figure 6, page 37.

=>> Pierre Garcie décrit un cadran solaire journalier de 2 fois 12 heures / par quart d'une heure ; et cadran annuel de 365 jours / par quart de 15 jours (figure 2).

=>> Pierre Garcie décrit un cadran annuel de 730 marées de 12 heures / par quart de 30 marées (figure 3).



Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520

Pour savoir combien de jours il y a en chaque mois.

Je suppose que tu saches les noms de chaque mois de l'an. Mais il faut apprendre et dire combien il y a de jours par mois : car certains en ont plus que les autres.

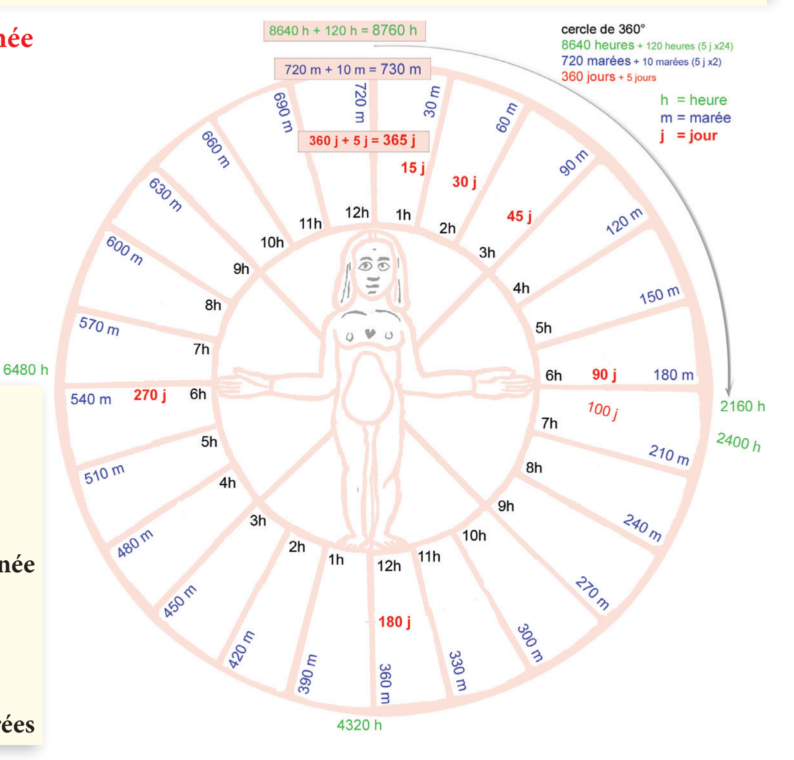
Premièrement il faut compter sur ton pouce et sur l'index, tous les mois, en commençant par janvier sur le pouce, février sur l'autre doigt, et ainsi de suite. Mais il faut que tu comptes juillet et août sur le pouce. Et ainsi tous ceux qui échoueront sur le pouce auront 31 jours. Et tous ceux qui échoueront sur l'index auront 30 jours. Le mois de février est excepté car il n'a que 28 jours, quand ce n'est pas l'année bissextile. En l'année bissextile, il a 29 jours. f° 5v (p. 10)

cadran solaire heure, jour et année (figure 2).

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520

Figure 2 - cadran solaire heure, jour et année

Figure 3 - cadran solaire annuel des marées



[Pour départir la Lune du Soleil]

Si tu veux différencier la Lune et le Soleil, premièrement, il te convient de savoir et noter qu'en un an, il y a 365 jours. Auxquels tu trouveras 8760 heures, sachant que chaque jour naturel a une durée de 24 heures. Soit les 100 jours, 2400 heures. Ce qui peut ainsi s'énoncer : 365 jours, 8760 heures.

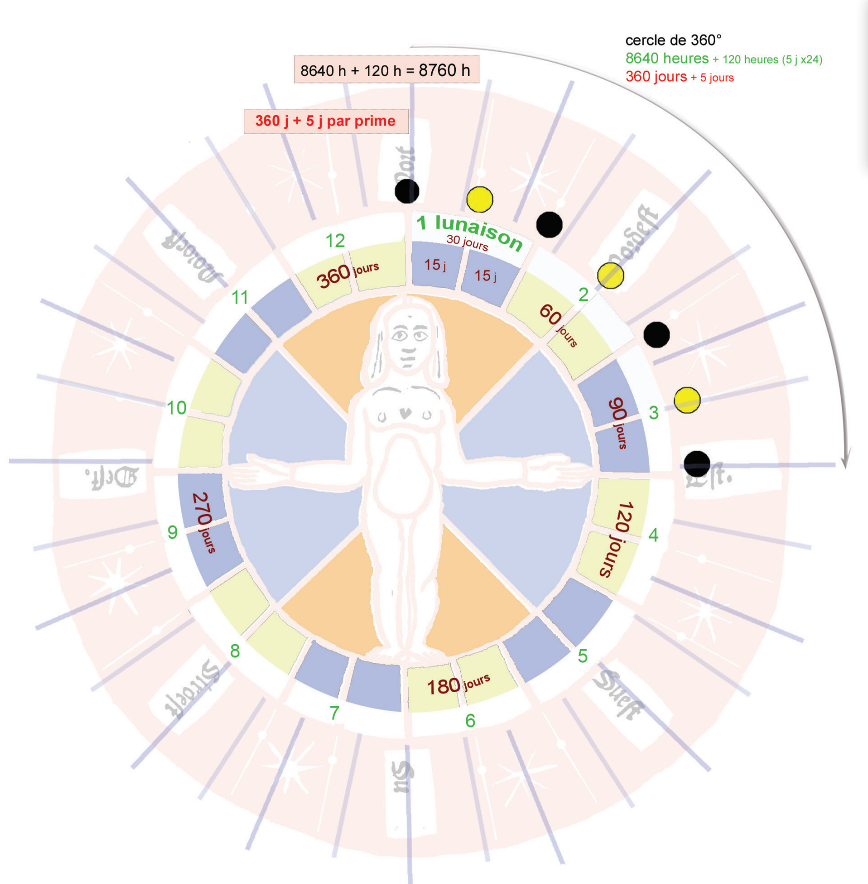
f° 5v (p. 10)

(figure 3) - **cadran solaire jour et année**

Et ainsi tu trouveras le cours de 730 marées de 12 heures par marée. Lesquelles sont au départ en 1460 marées de 6 heures par marées. En comptant le flot et l'esbe (jusant), à savoir que le flot est de six heures et le jusant de six heures. Et ainsi tu trouveras tes 8760 heures. f° 5v (p. 11)

(figure 3) - **cadran solaire annuel des marées**

Pierre Garcie poursuit en décrivant d'autres cadrans :
=>> un cadran lunaire annuel ***(354 jours)*** et solaire annuel par quart de 15 jours jusant ou esbe et 15 jours flot (figure 4).
=>> un cadran lunaire journalier des marées en 32 quarts par 4 quarts d'un rhumb (figure 5).
=>>un convertisseur entre cadran solaire et cadran lunaire par quart de 22 h 30 (figure 6) ou par quart de 3/4 de jour+ 4 h 30 (figure 6bis), sur une base de 15 jours.
Pierre Garcie termine sa présentation préliminaire par le rappel synthétique des données à « *retenir surement* », page 38.



Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520
Sache qu'au cours de ces 8760 heures, il y a le cours de douze lunaisons et une Nouvelle Lune en Premier Quartier. En comptant 30 jours par Lune et 5 jours par prime et renouveau, tu trouveras 360 et 5 jours chaque année, se montant 30 jours par chaque Lune. f° 5v (p. 11)
(figure 4) - **cadran lunaire et solaire annuel**

Figure 4 - cadran lunaire et solaire annuel, sens indirect.

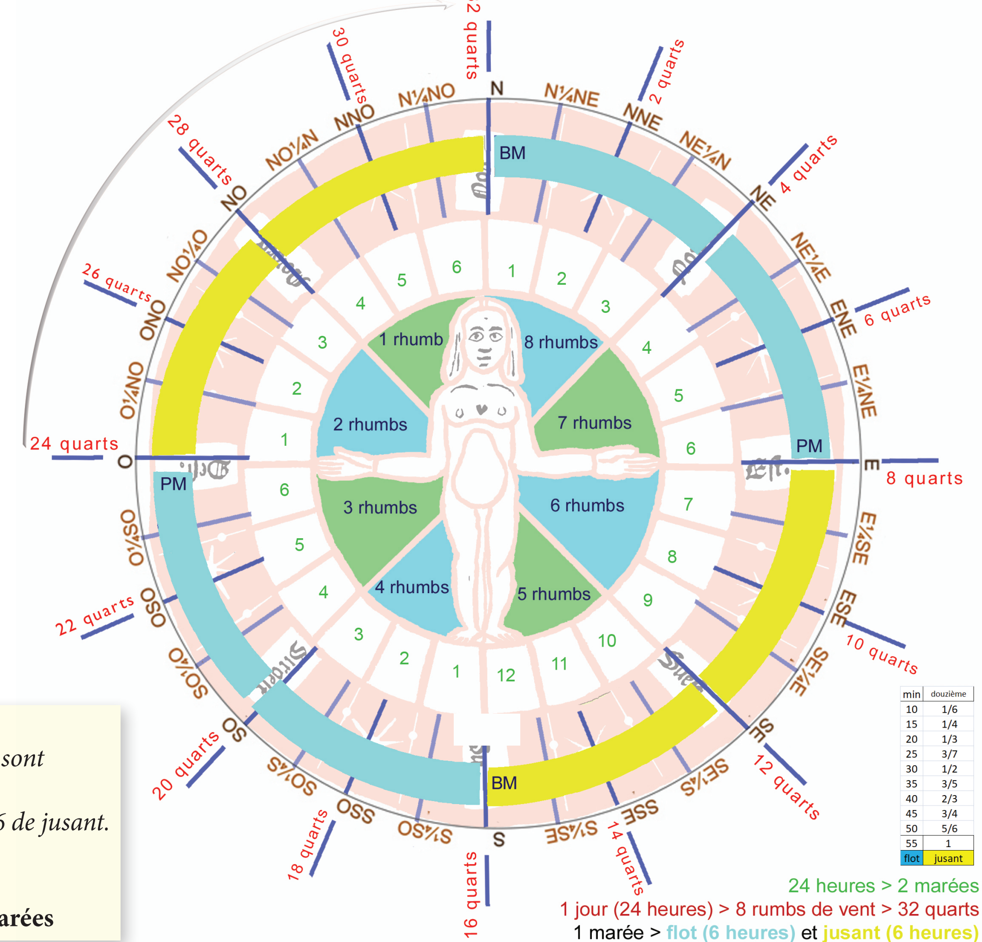
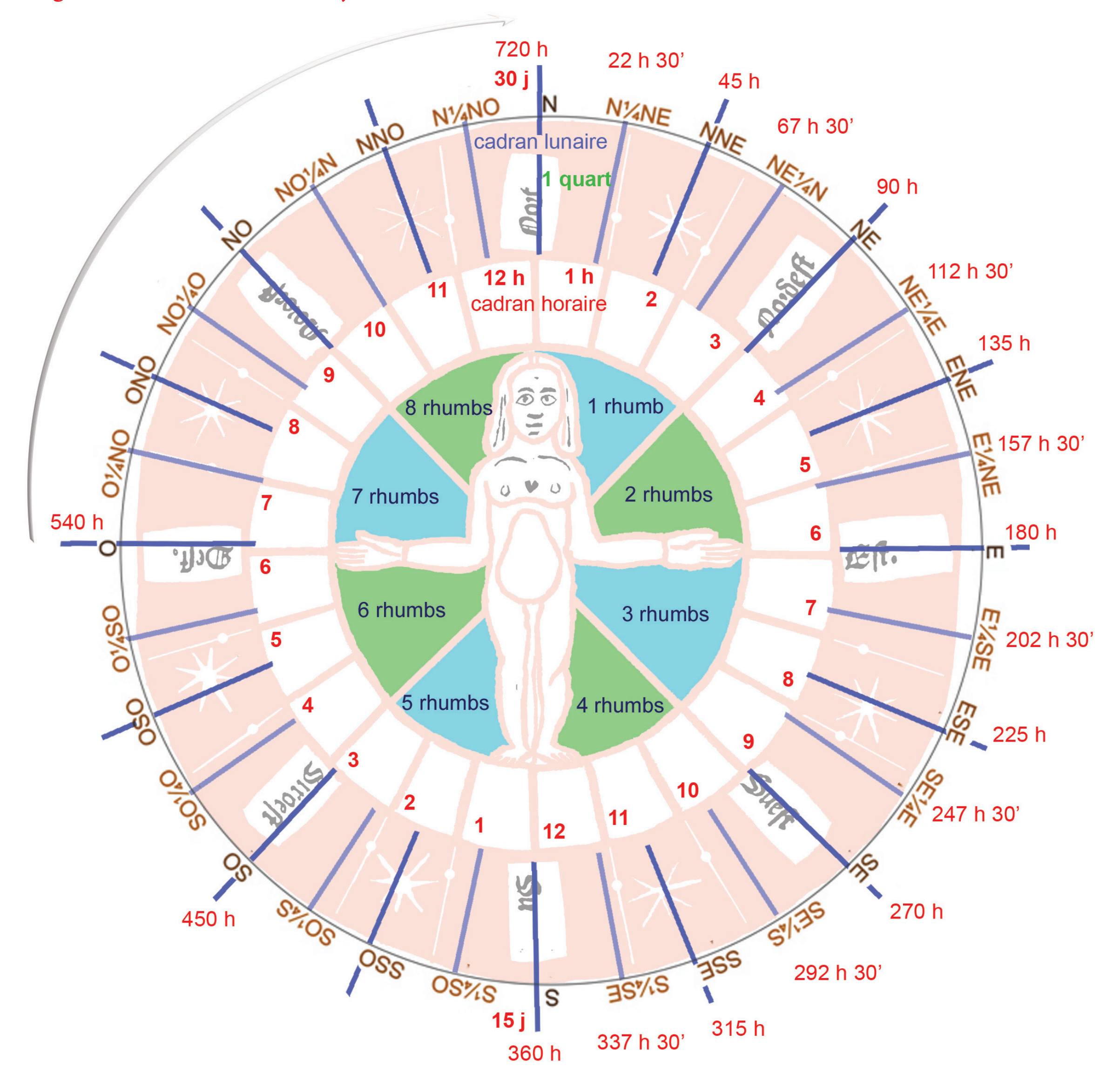


Figure 5 - cadran lunaire journalier des marées, sens indirect.

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520
Lesquelles Lunes de 30 jours ont [une période] de 8 rhumbs de vent par jour. Ces 8 rhumbs de vent sont répartis et divisés en 32 quarts par jour naturel.
Et il y a ces 32 quarts de vent pour chaque jour, 2 marées de 12 heures par marée, 6 heures de flot et 6 de jusant.
Et par 24 heures, par chaque jour, il y aura 2 marées,
qui se placent à chaque Nouvelle Lune de 15 jours, 30 marées de 12 heures par marée.
f° 5v (p. 11) (figure 5) - **cadran solaire et lunaire journalier des marées**

Figure 6 - convertisseur 30 jours, cadran solaire/cadran lunaire en heures, sens indirect.



Tables de RETARD de la Lune sur le Soleil, quart après quart, exprimé en fraction de 22 h 30, au moment de la position du soleil au méridien (figure 6).

Voici la répartition de la Lune et du Soleil par quart et heure de rhumb de vent.
Qui veut bien compter la Lune par les heures ?
On doit prendre par **chaque quart de la Lune : 22 h 30.**
Item, pour 2 quarts : 45 heures;
Item, pour 3 quarts : 67 heures 30;
Item, pour 4 quarts : 90 heures.______________ Voici sur 1 rhumb de vent.
Sache qu'à 1 rhumb de vent, le Soleil est au sud, la Lune est au sud-est.

Item, pour 5 quarts, il y a : 112 heures 30;
Item, pour 6 quarts : 135 heures;
Item, pour 7 quarts : 157 heures 30;
Item, pour 8 quarts : 180 heures.______________ Voici sur 2 rhumbs de vent.
Note qu'à 2 rhumbs de vent, le Soleil est à l'ouest, la Lune est au sud.

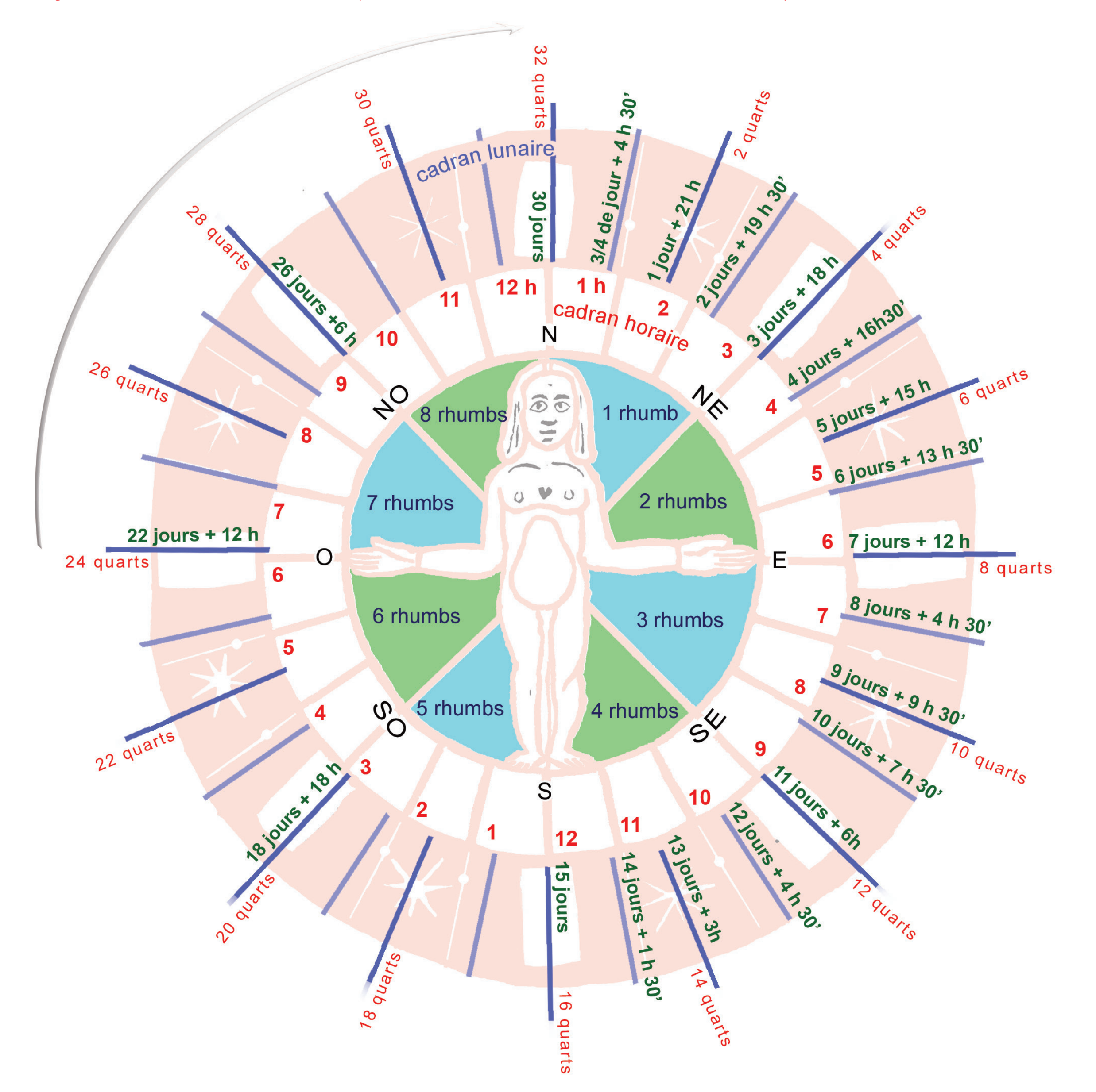
Item, pour 9 quarts : 202 heures 30;
Item, pour 10 quarts : 225 heures;
Item, pour 11 quarts : 247 heures 30;
Item, pour 12 quarts : 270 heures.______________ Voici sur 3 rhumbs de vent.
Tu dois savoir qu'à 3 rhumbs de vent le Soleil est au sud, la Lune est au nord-est.

Item, pour 13 quarts : 292 heures 30;
Item, pour 14 quarts : 315 heures ;
Item, pour 15 quarts : 337 heures 30;
Item, pour 16 quarts : 360 heures. ______________ Voici sur 4 rhumbs de vent.
Veuille savoir qu'à 4 rhumbs de vent, le Soleil est au sud, la Lune est au nord.
Et ainsi des autres rhumbs.

Et si tu avises et notes bien, ainsi tu trouveras en une Lune : 720 heures, comme je te l'ai déjà dit.
Pierre Garcie, Le Grant Routtier, 1520, f° 5v (p. 11)

Pierre Garcie propose un convertisseur cadran solaire/cadran lunaire qui reprend le retard horaire (figure 6) de la Lune sur le Soleil au méridien, chaque jour après jour. Il utilise une base d'un quart, puis de 2, puis de 3 etc. Lorsque le retard cumulé de la Lune sera de 32 quarts, soit en 30 jours, alors la Lune et le Soleil se retrouveront ensemble au méridien supérieur. Le temps pour prendre un retard d'un quart est donc 30 jours (ou 30 j x 24 h = 720 h) /32 quarts, soit **22 h 30**. Il établit ainsi un diagramme circulaire, une roue, sur lequel on représente fidèlement les mouvements respectifs de ces deux astres qu'ils soient visibles ou non.

Figure 6bis - convertisseur 30 jours, cadran solaire/cadran lunaire en jours, sens indirect.



Tables de RETARD de la Lune sur le Soleil, quart après quart, exprimé en fraction de jours, au moment de la position du soleil au méridien (figure 6bis).

Voici pour compter la Lune par les jours.

Si tu veux bien compter la Lune par les jours, tu dois prendre par ***chaque quart de la Lune*** *:*

3/4 [de jour] (ou 18 h) et 1/2 quart de jour (ou 3 h) et 1 h ½ (= ou 22 h 30) ;
Item, pour 2 quarts, il y a 1 jour et 3/4 [de jour] et ½ quart de jour ;
Item, à 3 quarts, il y a 2 jours et 3/4 [de jour] et 1 h 30 ;
Item, à 4 quarts, il y a 3 jours et 3/4 de jour.
Voici sur 1 rhumb de vent

Item, pour 5 quarts, il y a 4,5 jours et 4 h 30 (1/2 quart de jour et 1 h 30) ;
Item, pour 6 quarts, il y a 5,5 jours et ½ quart [de jour] ;
Item, pour 7 quarts, il y a 6,5 jours et 1 h 30 ;
Item, pour 8 quarts, il y a 7,5 jours.
De 2 rhumbs de vent

Item, pour 9 quarts, [8 jours] et 1/2 quart [de jour] et 1 h 30 ;
Item, pour 10 quarts, 9 jours et 9 h 30 ;
Item, pour 11 quarts, 10 jours et 7 h 30 ;
Item, pour 12 quarts, 11 jours et 1/4 de jour.
De 3 rhumbs de vent

Item, pour 13 quarts, 12 jours et 4 h 30 ;
Item, pour 14 quarts, il y a 13 jours et ½ quart [de jour];
Item, pour 15 quarts, il y a 14 jours et 1 h 30 ;
Item, pour 16 quarts, il y a 15 jours et pas plus.
[De 4 rhumbs de vent]
Et ainsi tu ne trouveras que 30 jours en chaque Lune.
Pierre Garcie, Le Grant Routtier, 1520, f° 5v (p. 11)

1	
2	
3	1/8
4	
5	
6	1/4
7	
8	
9	3/8
10	
11	
12	1/2
13	
14	
15	5/8
16	
17	
18	3/4
19	
20	
21	7/8
22	
23	
24	1

Pierre Garcie propose aussi un convertisseur cadran solaire/cadran lunaire qui reprend le retard journalier (figure 6bis), sur la base d'1 quart converti en tantième jour. Le temps pour prendre un retard d'un quart est donc 30 jours/32 quarts, soit **3/4 [de jour]** (ou 18 h) + **1/2 quart de jour** (ou 3 h) **+ 1 h ½** ; autre écriture : **3,5 quarts de jour + 1 h ½.**

Pierre Garcie, *Le Grant Routtier,* 1520

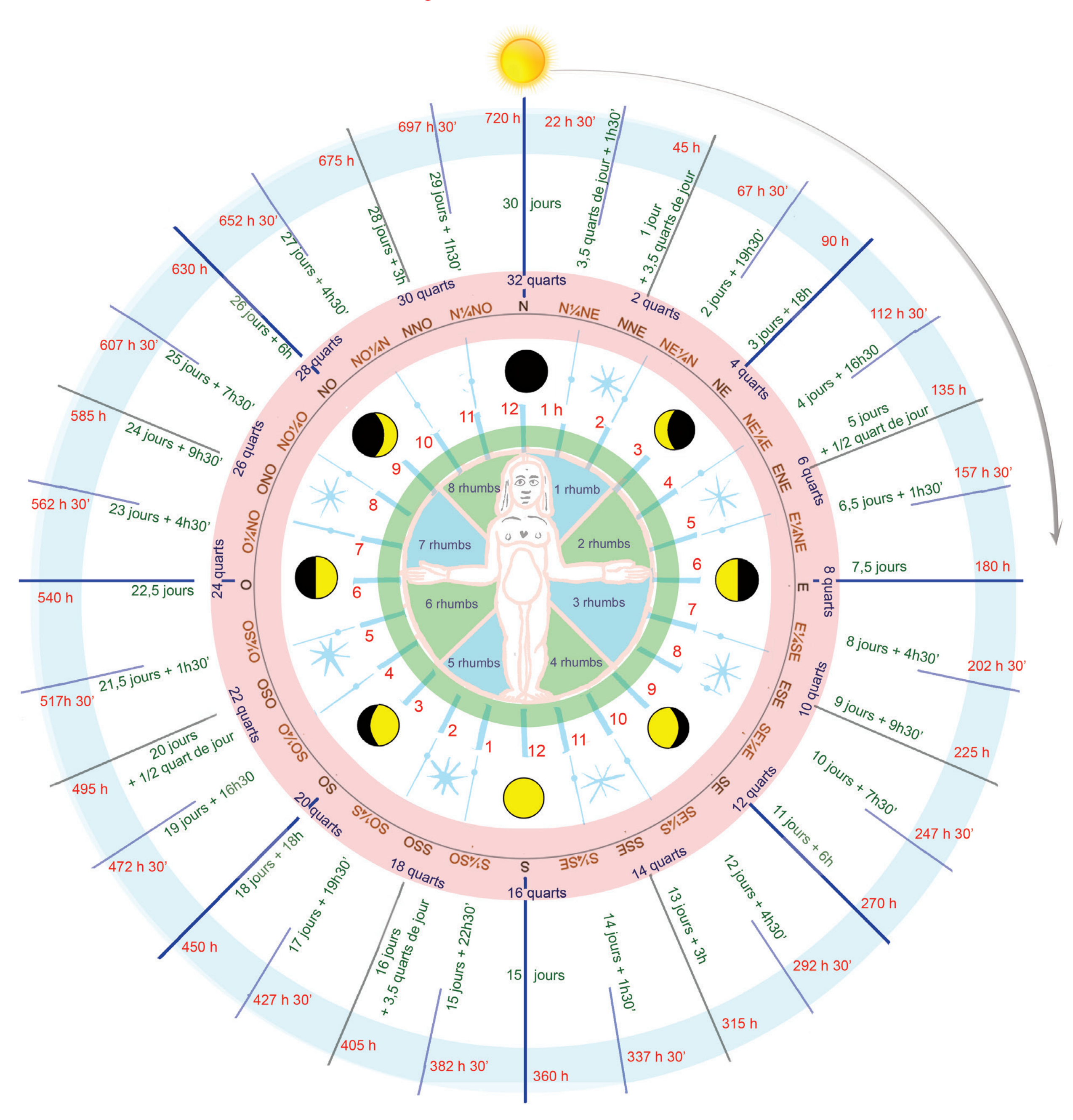
Et les 30 marées de 12 heures, à chaque Nouvelle Lune, vaudront 360 heures.
Et pour différencier ces 30 marées de 12 heures par marée en 15 jours de Nouvelle Lune, et en 16 quarts de vent, il te convient de mettre 22 h 30 par chaque quart de vent ; ce qui fera pour 4 quarts par rhumb de vent, 90 heures. Et 3 jours et 3/4 de 24 heures par jour, vaudront 90 heures. Et ainsi tu trouveras 90 heures, en rhumb de vent, en jour et en quart.
Et le Soleil sera à l'est pour 90 heures par pleine mer ; la Lune sera au nord-est.
Et pour 180 heures, qui sont 2 rhumbs de vent et 7,5 jours, le Soleil sera au sud-est pleine mer, la Lune sera au nord-est.
Et la Lune sera avec le même nombre d'heures que le Soleil lorsqu'elle est nouvelle.
Par Lune de 270 heures, le Soleil sera au sud par pleine mer. Et cela fait 11 jours et 1/4 de 24 heures par jour. Et 12 quarts de vent de 22 h 30 par quart de vent. Et sont 3 rhumbs de vent de 90 heures par chaque rhumb de vent, qui deviennent pour les 3 rhumbs, 270 heures.
Par Lune de 360 heures, le Soleil est au sud-ouest par pleine mer, la Lune est au nord-est.
f° 5v (p. 11)

Pierre Garcie, Le Grant Routtier, 1520

Et ainsi tu trouveras par chaque Lune entière 720 heures par jour par quart. Et tu trouveras 70 marées de 12 heures par marée, lesquelles sont réparties en 120 marées, en mettant par rhumb de vent, 3 jours et 3 quarts de 24 heures par jour et 4 quarts de vent de 22 h 30 par quart.
Et ainsi vaut chaque rhumb de vent, 90 heures et vaut demi-marée de 6 heures par marée. À savoir 6 heures de flot ou 6 heures d'esbe ou jusant.
En conséquence, si on te demande combien de jours par an, réponds : 365 jours, sauf en année bissextile, car il y en a plus.
Si on te demande combien d'heures par an, réponds : 8760 heures.
Si on te demande combien de marées par an, réponds : 1460 marées de 6 heures par marée.
Si on te demande combien de Lunes par an, réponds : 12 Lunes de 30 jours et une Lune en prime de 5 jours.
f° 5v (p. 12)

synthèse

Figure 7 - convertisseur cadran Lunaire/cadran solaire et marées



Pierre Garcie poursuit et décrit les quatre étapes pour utiliser la *Roue Pôle-Homme.*
Je prendrai comme exemple, le calcul de l'heure de la pleine mer aux Îles Anglo-Normandes du **21 août 1520** (calendrier Julien).

Étape 1 : Règlement de la Lune, suivant le Grant Routtier (1520) pour calculer le Nombre d'or et l'épacte de l'année 1520.

> Pierre Garcie, *Le Grant Routtier,* 1520
> *Et pour bien savoir et trouver le nombre d'or, il faut prendre tous les ans depuis l'Incarnation de notre Seigneur Jésus-Christ jusqu'à l'année considérée. Et ces ans seront répartis par tranches de 19 ans et chaque tranche sera distribuée par 19. Et cela tant qu'il en restera au-dessus de 19; le reste sera le nombre d'or. Mais il faut ajouter le nombre 1 sur les ans de l'Incarnation de Notre Seigneur. Exemple : prends l'année en laquelle court 1520; si tu veux savoir le nombre d'or en cours, il faut diviser ce nombre par 19 et 19 et ajouter 1 sur le tout. Et ce qui restera, sera le nombre d'or pour l'année.* f° 95v (p. 190)

Au Moyen Âge, avec le comput julien, l'année commence le 22 mars (jour 1 de l'année pour Pierre Garcie), le lendemain de l'équinoxe du printemps.
Le Nombre d'or et celui de l'épacte étaient donnés tous les dimanches par le prêtre au moment du prêche à l'église. [cycle Méton de 19 ans, voir page 33].
Pierre Garcie explique comment les calculer mentalement et avec les doigts, lorsqu'on est en mer.

=> calcul du Nombre d'or pour 1520 : division de 1520 par 19 et ne retenir que le RESTE de la division => à savoir [1520 modulo 19] un RESTE = 0.
À ce résultat, ajouter + 1. Ce nombre correspond à la première année du cycle de 19 ans. Nous sommes en calendrier julien.
Le Nombre d'or de 1520 est **1**. Il correspond à la première année du cycle de 19 ans.

> Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520
> *Si tu veux savoir trouver la Nouvelle Lune par ta main : prends trois de tes doigts. À savoir : le premier qui sera le pouce et les deux suivants. Premièrement compte sur le pouce, le nombre 18. Et sur le doigt suivant, compte + 10 et cela fera la somme de 28. Et sur le troisième doigt qui sera le maître doigt de ta main, compte + 10, et la somme fera 38. Tu auras ainsi 18 sur le premier; 28 sur le second; et 38 sur le troisième doigt. De même, sache quel est le nombre d'or de l'année en cours ou une autre sans compter les milliers ni les cents, mais seulement les ans en dessous des cent[aines] de l'année en cours ou de l'année où tu voudras trouver la Nouvelle Lune.*
> *Et compte ce nombre d'or sur tes trois doigts, dessus nommés, [suivant cette] méthode. Premièrement il te convient de compter sur le premier qui est le pouce : 1. Et sur l'autre doigt + 1 et cela fera 2. Et sur le troisième qui est le maître doigt +1 et cela fera 3. Et derechef compte sur le pouce le 4. Et ainsi de suite, sur le dessus des trois doigts tout le nombre d'or de l'année jusqu'à la fin. Et le doigt où finira le nombre d'or, relève par écrit, si possible, le nombre [du premier repère]. À savoir le pouce est 18; sur le doigt suivant, 28; et sur l'autre qui est le maître, 38. Ceci fait, réfléchis et assemble ce nombre du doigt et seulement sur lequel finira le nombre d'or. Et sache combien le tout se montera en nombre et en somme.*
> *Et puis fais autant de fois comme tu pourras jusqu'à trois fois, et seront 90. Et puis sache combien il en demeure au-dessus des 3 fois 30, qui font 90. Et tout ce qui demeurera au-dessus sera le cours et nombre pour trouver et connaître la Nouvelle Lune pour toute cette année dont tu prendras le nombre...* f° 4r (p. 7 et 8)

L'épacte, ou *Concurrence*, est le nombre de jours où l'année lunaire retarde sur l'année solaire, soit 11 jours par an. Pour un Nombre d'Or de 1, c'est un retard de 11 jours.

=> calcul de l'épacte avec les doigts par Pierre Garcie dont le Nombre d'or est 1, en recherchant la Nouvelle Lune après le début de l'année médiévale (21 mars 1520).
- compter ce Nombre d'Or = 1 sur les trois doigts, aboutit au 1er doigt => Ce 1er doigt a un montant de 18 ; assembler le chiffre 1 (Nombre d'or) et 18, soit 1 + 18 = **19**.
- assembler le chiffre 19 jusqu'à trois fois => 19 + 19 + 19 = **57**.
- oter de ce chiffre 30 (soit 1 lunaison de 30 jours) ; il reste 27. La Nouvelle Lune, en début d'année médiévale est dans 27 jours,
soit une Nouvelle Lune le **17 avril 1520.**

Étape 2 : Calculer la Nouvelle Lune (et Pleine Lune) en mars (début de l'année médiévale) avec le Grant Routtier (1520).

Pierre Garcie propose un autre calcul de la N.L. avec les doigts et mentalement.

> Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520
> *Veuille savoir que le nombre d'or et la date de l'an prend son commencement à la fête de Notre-Dame, en mars (21 mars)* f° 4v (p. 8)
> *Exemple familier : prends l'an 1520, tu veux trouver la Nouvelle Lune; il faut savoir que le nombre de cette année pour y trouver la Lune sera compté comme 1. Et par cela, 1 sera le nombre en toute l'année. Et si cela te convient; compte le mois de mars par + 1 et cela fera 2. Puis compte le premier jour de mars par + 1 et cela fera 3. Ainsi au premier jour du mois de mars, la Lune aura 3 jours. Et ainsi des autres mois en comptant pour chaque mois, 1 jour; et le premier jour du mois auquel tu voudras prendre la Nouvelle Lune.* f° 4v (p. 8)

=>> calcul de la Nouvelle Lune pour 1520 ; l'année médiévale commence le 22 mars, le lendemain de l'équinoxe du printemps (21 mars) :
Année 1520 = 1 ; mars : + 1 ; 1er mars : + 1 ; soit + 1 + 1 + 1 = 3 ou 3 jours.
L'âge de la Lune, le 22 mars a 3 jours ; la Nouvelle Lune est 3 jours auparavant : 19 mars 1520. La suivante est le 17 avril 1520.
Nous retenons la N.L. du 17 avril (début de l'année médiévale lunaire) : (un doigt sur **A** - figure 8)
La pleine mer du 17 avril 1520 est à 6 h solaire (5 h 14 - SHOM).

=>> autre calcul de la Nouvelle Lune pour 1520 ;
l'année médiévale commence le 1er mars :

Nombre d'or : 1 ; épacte : 11 ; soit 1 * 11 = 11 jours
Le 1 mars 1520 sera le 11e jour après la Nouvelle Lune qui serait le 18 février 1520 (année bissextile) ; la Pleine Lune serait le 4 mars 1520 (11 + 4) ;
une Nouvelle Lune serait le 19 mars 1520 (épacte 11 + PL 4 + 15 jours) ;
une Nouvelle Lune serait le 17 avril 1520.

Ceci implique et signifie que ce jour-là, le 17 avril 1520, le Soleil et la Lune passent ensemble au méridien supérieur du lieu à 0 heure ou minuit. Puis à partir de ce moment, le Soleil va prendre chaque jour une avance de 45 minutes pour Pierre Garcie (48 min en fait). Ou ce même jour, la Lune aura un retard sur le Soleil au méridien ou minuit de 45 minutes.
D'où l'énoncé suivant : si l'âge de la Lune est 1 et que le Soleil est au méridien, son passage sera de 23 heures et 1/5 (disent les doctes qui préfèrent le calcul avec des nombres rationnels), en effet, cela fait 23 h 13.
[60 minutes =>> 12' ou (1/5) ; 24' ou (2/5) ; 36' ou (1/5) ; 48' ou (4/5) ; 60' ou (5/5)].
Michel COM'NOUGUÉ, *Le calcul des marées au Moyen Âge*, page 5.

Étape 3 : Établissement du port : aux Îles Anglo-Normandes, où est la N.L. le 17 avril 1520 et la pointer sur la *Roue Pôle-Homme* ?

Pour connaître le mouvement de la marée au voisinage d'un port particulier, Pierre Garcie donne des tables qui indiquent, en début d'année médiévale et pour ce lieu, le retard de la pleine mer sur le passage de la Nouvelle Lune au méridien supérieur. Nous trouvons ces tables d'établissement du port pour la zone Manche Nord et Ouest France, Manche Sud Angleterre et Nord Espagne.

> *a chansaye a grenese a jarse a forc et a erc la Lune o su basse mer a terre : et o l'oest plaine mer.* Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520

Qui se développe ainsi :
[Au méridien, la Nouvelle et Pleine] Lune des Îles Chausey, Guernesey, Jersey, Sercq et Herm [est par relèvement] au sud [à] basse mer, à terre, et à l'ouest [à] pleine mer.

Cela signifie qu'au premier jour de la lunaison aux Îles Anglo-Normandes, la Nouvelle Lune du 17 avril 1520 est à positionner sur l'ouest ou 6 heures sur le compas. Comme c'est le premier jour de la lunaison, par définition le Soleil passe en même temps que la Lune au méridien supérieur, il est donc 6 heures au Soleil. La pleine mer est à 6 heures AM et PM. Pierre Garcie pointe sur la *Roue Pôle-Homme* ce repère (un doigt sur **B** - figure 9).

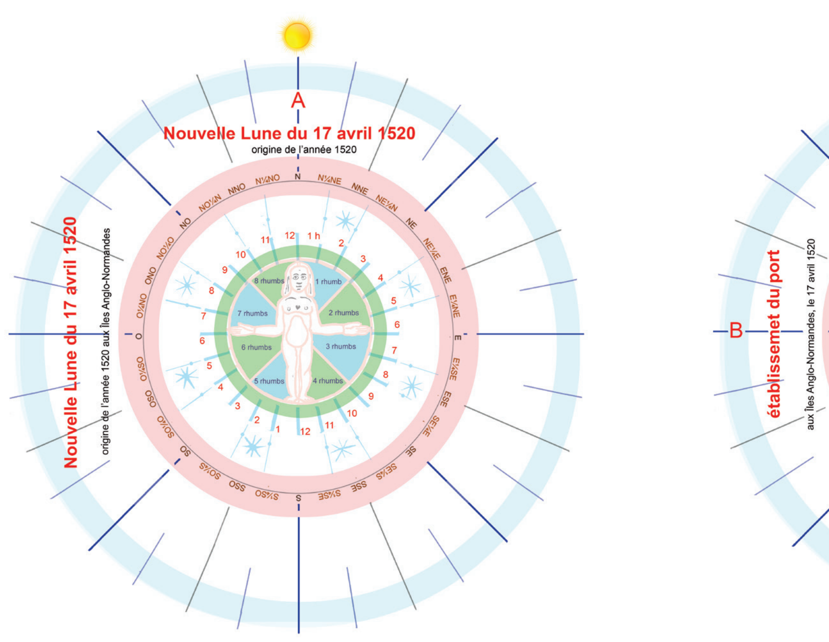


figure 8 : A - première N.L. de l'année 1520.

figure 9 : B - établissement du port aux Îles Anglo-Normandes.

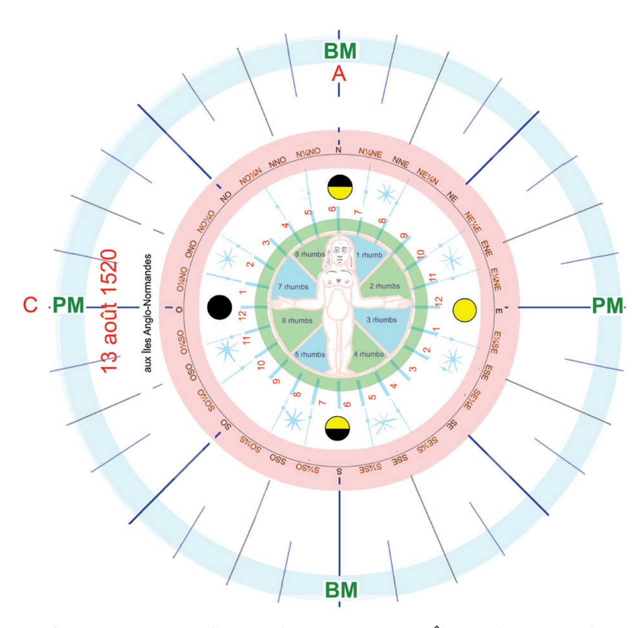


figure 10 : C - Nouvelle Lune du 13 août 1520 aux Îles Anglo-Normandes.

À partir de là, Pierre Garcie peut calculer l'âge de la Lune du 30 août 1520 aux Îles Anglo-Normandes, en se servant de la *Roue Pôle-Homme* comme un convertisseur cadran solaire/lunaire.

Étape 4 : calculer l'âge de la lune du 21 août 1520 aux Îles Anglo-Normandes, avec la *Roue Pôle-Homme*

Pierre Garcie donne le Règlement d'utilisation de la *Roue Pôle-Homme* pour connaître l'âge de la Lune et en conséquence l'âge des marées à un moment donné.
Pour cela il utilise la *Roue Pôle-Homme* suivant la figure 7, en concordance avec les différents Règlements qu'il a énoncés.
Pour le calcul de l'âge de la Lune du 21 août 1520, voici sa méthode :

> Pierre Garcie, *Le Grant Routtier*, 1520
> *Exemple familier : prends l'an 1520, tu veux trouver la Nouvelle Lune ; ... Et par cela, 1 sera le nombre en toute l'année. Et si cela te convient ; compte le mois de mars par + 1 et cela fera 2. Puis compte le premier jour de mars par + 1 et cela fera 3. Ainsi au premier jour du mois de mars, la Lune aura 3 jours.*
> *Et ainsi des autres mois en comptant pour chaque mois, 1 jour ; et le premier jour du mois auquel tu voudras prendre la Nouvelle Lune.* f° 4v (p. 8)

=> calcul de l'écart entre la N.L. de mars 1520 (19 mars 1520) et août 1520, soit 6 mois *(ou mars = 1 et avril/août = 5).*
soit *(nombre d'or 1 + mars 1 + 1er mars)* = **3** + *(mois d'avril à août)* = **5** + *(1er août)* = **1** => **3 + 5 + 1 = 9 jours**.
En parallèle au 22 mars 1520, je reporte ces 9 jours au 22 août 1520 : l'âge de la Lune au 22 août 1520 aura un retard de 9 jours, soit une Nouvelle Lune le **13 août 1520**.
(un doigt sur **C** - figure 10).

=>> autre calcul = (épacte) 11 + (mois) 6 = 17 soit en août 1520, (lunaison 30 jours, soit 30 moins 17 =>> **13 août 1520.** La pleine mer est à 6 heures du matin.

Avant de faire l'étape 5, il est utile de noter sur la *Roue Pôle-Homme*, à la date de la N.L. du 13 août 1520 aux Îles Anglo-Normandes, les points remarquables suivants : O : PM ; N : BM ; E : PM ; S : BM. (figure 10) ; ce qui veut dire que la Lune est au nord en Premier Quartier.

Étape 5 : calculer l'âge de la marée du 21 août 1520 aux Îles Anglo-Normandes

=>> calculer le retard cumulé de la Lune sur le Soleil, jour pour jour depuis le 13 août 1520 jusqu'au 21 août 1520. Pierre Garcie propose d'utiliser la Roue Pôle-Homme comme un convertisseur cadran solaire/cadran lunaire et cadran marées.
Le 1er jour de la Nouvelle Lune est le 13 août 1520, ***un doigt C***, repère sur la *Roue* cadran lunaire (bleu).

Le pilote souhaite arriver aux Îles Anglo-Normandes le 21 août 1520 ; soit dans 8 jours solaire : ***un doigt D***, repère sur la Roue (vert - figure 11).

Où en est la Lune à ce moments-là ?

L'âge de la Lune du 21 août 1520 est **8.** Le retard de la Lune sur le Soleil est de 8 fois 45 min = 360 min ou 6 h.

Suivant le Règlement (figure 6) de Pierre Garcie, le temps nécessaire pour accumuler d'un quart, puis de 2, puis de 3 [...] est pour un quart de 22 h 30 (30 j * 24 h /32 = 22,50 h ou 22 h 1/2, ou 22 h 30.

Soit ***un doigt E***, repère sur la Roue (figure 11).
Le pilote peut lire (figure 11 bis) que le 21 août 1520, **la Lune est en Premier Quartier**.

Où en est la marée à ce moments-là ?

L'âge solaire du 21 août 1520 est 8 : soit 8 fois 2 marées (flot-jusant) = 16 marées ou 32 demi-marées.

Suivant le Règlement (figure 3) de Pierre Garcie, il y a, par an, 730 marées de 12 heures (flot-jusant) par marée ou 1460 de 6 heures (flot ou jusant) par marées ; soit 30 marées par 15 jours ou 1 secteur du cadran journalier.

Le pilote peut lire (figure 11) sur le cadran solaire (vert), une Basse Mer à 6 h du matin ou du soir.
La **Pleine Mer** du 21 août 1520 sera à **12 h ou midi, ou minuit.**

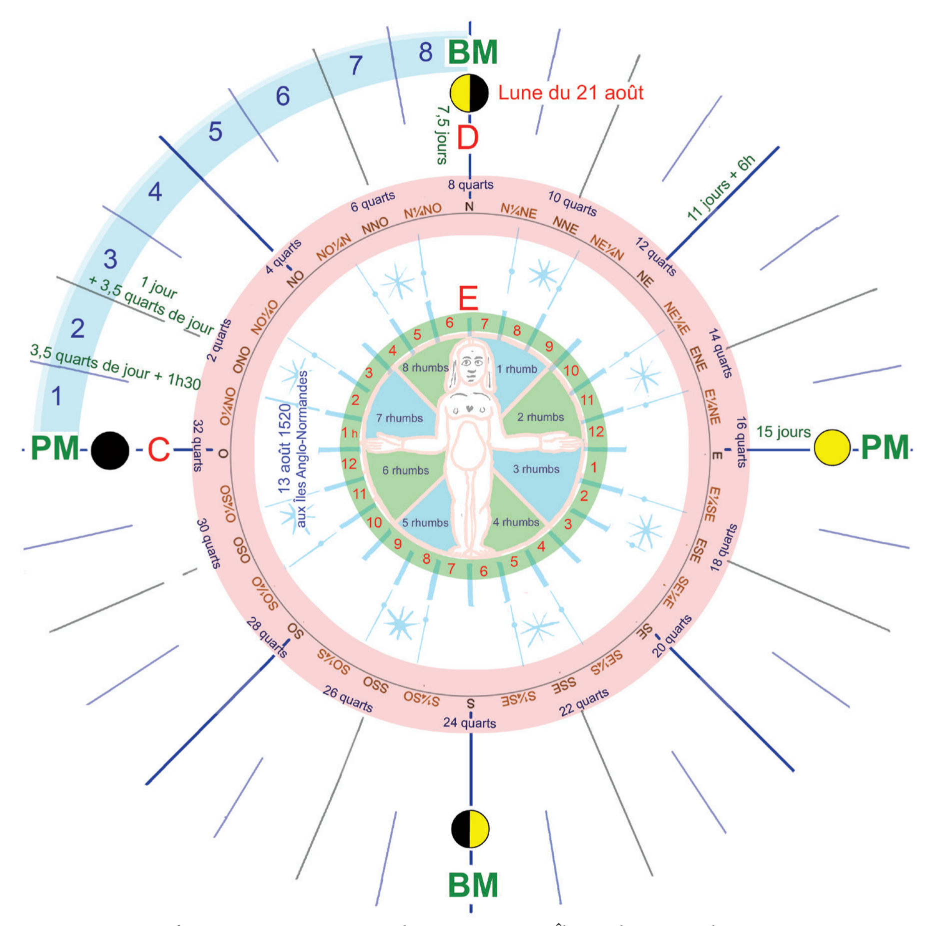


figure 11 : D - Lune et marée du 21 août 1520 aux Îles Anglo-Normandes.

Par calcul moderne SHOM), la Pleine Mer du 21 août 1520 est posée pour **12 h 46**. La précision relative est suffisante pour arriver en sécurité sur ce lieu, une à deux heures avant et après.

La pratique de l'estime oblige les marins à accepter de travailler avec des notions nouvelles telles que celle d'heure astronomique, la 24e partie du jour civil. Ils utilisent pour la mesure du temps en heures un sablier d'une heure ou de 30 minutes. Ils ignorent, forcément, toute forme d'horloge mécanique et de son cadran.

Michel Com'Nougué, *Le calcul des marées au Moyen Âge*, Chronique d'Histoire Maritime – SFHM, n°78, juin 2015, page 6.

Cependant ils ont une façon qui leur est propre de figurer le temps ; ils utilisent pour cela leur boussole (note 9 page 10). Ils l'utilisent comme un cadran de montre avec 8 divisions principales les points cardinaux et intercardinaux, les rhumbs (N, NE, E, SE,S, SW,W, NW.) qui correspondront aux heures rondes de 3 en 3 (0,3,6,9,12,15,18,21.). Le tout sera subdivisé en 32 quarts de 45 minutes chacun. Les relèvements de la Lune ou du Soleil qu'utilisent alors les marins ne correspondent jamais à des azimuts mais à des heures. Quand ils disent que le Soleil est au NE, il ne s'agit pas d'une visée mais simplement qu'il est 3 heures du matin. En ce qui concerne la Lune, quand les marins disent, la Lune NE/SW, pleine mer (PM), cela signifie que le jour de la Nouvelle Lune la PM survient lorsque le Soleil est au NE, soit 3 heures du matin ; l'autre PM est 12 heures après.

Michel Com'Nougué, *Le calcul des marées au Moyen Âge*, Chronique d'Histoire Maritime – SFHM, n°78, juin 2015, page 7.

Quant à l'opinion que semble avoir Pierre Garcie, elle se rattache directement à l'observation du ciel à travers la *Roue Pôle-Homme*. En effet, mesurer le temps en heures pour un quart de 15° ou pour un quart de 11,25° n'est qu'une question de conventions. En tout état de cause, les relèvements donnés par les marins sont bien des temps et tous les auteurs cités comme sources insistent sur la valeur d'un rhumb valant 3 heures et divisé en 4 quarts de ¾ d'heure chacun.

1 rhumb = 3 heures = 4 quarts de ¾ d'heure.

Michel Com'Nougué, *Le calcul des marées au Moyen Âge*, Chronique d'Histoire Maritime – SFHM, n°78, juin 2015, page 9.

Annexe 1 - LA NAVIGATION DURANT LE MOYEN ÂGE

Dans le dernier quart du xve siècle, la navigation maritime hauturière s'établissait avec le compas de mer (ou boussole) (note 9 page 10) pour l'orientation, les sabliers (ou *garde-temps*) pour le temps et la *Roue Pôle-Homme* pour la position par le calcul de la hauteur de la Polaire.

Quant à l'astrolabe des marins, version simplifiée de l'astrolabe planisphérique pour le calcul de la hauteur du Soleil, il est trop complexe pour être utilisé en mer. «*II me semble presque impossible de prendre la hauteur des étoiles en mer*, dit maître Joâo pilote de l'escadre portugaise commandée par Pedro Alvares Cabral, *parce que, pour peu que le navire roule, on fait des erreurs de 1 ou 5 degrés de façon qu'on ne peut la prendre qu'à terre.* » (1500), soit une erreur de 110 km à 550 km.

La première notice sur l'usage de l'astrolabe nautique par les portugais se trouve dans un texte italien de 1517, *informatio hauto Io Alexandro da Portuogalesi* (Venise). La première description et le premier mode de construction de l'astrolabe nautique paraissent dans le *Breve Compendio de la sfera y de laarte de navigar* de Martin Cortes écrit en 1545 et imprimé en 1551.

Le texte qui suit est le résumé des premiers voyages de Christophe Colomb (1492-1493 et sv) et des instruments que celui-ci utilise.

Il confirme l'excellence réaliste du *Grant Routtier* de Pierre Garcie dit Ferrande (1441-1502) qui accompagne tous les marins d'Europe tel un guide moderne pour une navigation hauturière plus sûre.



Les premieres Œuvres de JACQUES DEVAULX, pillote en la marine -1583 - BnF ms français 150 - page 18v

Ce bandeau montre différentes actions du pilote très explicites pour obtenir la latitude du lieu. On remarque que les mesures se prennent sur terre dans la mesure du possible.
- À gauche, le pilote utilise l'arbalestrille pour prendre la hauteur de la Polaire la nuit ;
- Au centre, il lit dans des tables, la rectification de la Polaire ou la déclinaison du Soleil
- À droite, il oriente l'astrolabe nautique pour prendre la hauteur (ou la distance zénithale) du Soleil.

chapitre : LA NAVIGATION : TECHNIQUES ET AVATARS[1]

Les navires de Colomb : silhouettes et essais de reconstitution

Comment navigue Christophe Colomb ? La réponse en tout cas vaut pour ses quatre voyages car, de 1492 à 1504, en douze années, rien ne paraît évoluer ni dans le choix des navires, ni dans la manière de les conduire. Pour les navires, tous les textes concordent : ce sont des caravelles, presque sans exception. La caravelle n'est pas un bon navire marchand. Nous ne les rencontrons souvent que pour les grands voyages d'exploration, depuis les premières reconnaissances au sud du Maroc dans les années 1420...

On ne prend malgré tout aucun risque à affirmer que la caravelle est un navire court et relativement haut sur l'eau. Les estimations les plus courantes donnent à peu près les mêmes dimensions pour la Nina et la Pinta : 20 m environ pour la longueur, 6,5 m de plus grande largeur et 3 m de profondeur. La Santa Maria était encore plus « ronde » : de 16,5 m à 19 m de longueur seulement pour la quille et de 23 m à 26 m au total ; une largeur de 7 à 8,5 m et une profondeur de 3,5 à 4,5 m ; elle portait un mât principal de 24 à 27 m, selon les auteurs, et un pont supérieur de 18 m de long.

Le tonnage se compte en gros tonneaux, pareils à ceux de Bordeaux, de près de 1 000 litres ou 1 m^3. Les deux plus petites caravelles feraient vraisemblablement environ 60 tonneaux chacune et la Santa Maria peut-être 120. Ces bâtiments ronds tiennent la haute mer, naviguent bien au large, affrontent les mauvais temps et les tempêtes. Les caravelles de Colomb, de ce point de vue, ont bien tenu leurs promesses. Au retour du premier voyage, les deux frêles esquifs ont affronté deux tempêtes épouvantables, en plein hiver, sans sombrer…



Reconstitution hypothétique d'une caravelle, site archéologique « *l'Aber Wrac'h 1* », xve siècle © P. Lotodé.

Autre avantage de la caravelle : la possibilité d'approcher la côte sans trop de risques, de naviguer en faible profondeur, de suivre tous les accidents du littoral et même de remonter le cours d'un fleuve. Navire de découverte par excellence, c'est bien pour sa légèreté, son faible tirant d'eau parmi les bateaux ronds, que les chevaliers découvreurs du Portugal puis les Italiens, puis Colomb lui-même ont choisi ce type de bâtiment. Tout au long de son Journal de 1492-1493, il ne cesse de s'inquiéter des possibilités d'ancrage et des dangers ; il reconnaît partout les mauvais courants, les hauts fonds, les écueils et les récifs. Cette crainte obsédante des écueils commande toutes sortes de manœuvres et de précautions : « *Ces îles-là n'ont, à moins de deux portées de bombardes, aucun fond profond près de leurs côtes ; ce ne sont ici que des écueils, là des bancs de sable et il est dangereux d'y mouiller les navires lorsque le jour est tombé.* »

1 extraits de l'ouvrage de Jacques Heers, *Christophe Colomb*, Hachette 1981, pages 292 à 331 ; nombreuses références et bibliographies.

Naviguer contre le vent

Toutes les relations de voyage de cette époque et celles de Colomb en particulier nous montrent bien les caravelles luttant contre le vent, tirant des bordées pendant des heures sinon des jours. Tout au long de douze années, ses Journaux et ses diverses Relations témoignent sans cesse du même souci de choisir de bons bâtiments, de surveiller et faire réparer mâts et voilures. On peut donc admettre que pour l'Amiral, comme certainement pour tous les patrons de navire de son temps, la manœuvre des voiles et la conduite à la *bouline* — en louvoyant — soient une préoccupation vraiment essentielle, souvent de tous les jours. A chaque fois que les vents ne le poussent pas plein en poupe ou, du moins, par un bon travers, Colomb le note soigneusement et s'en plaint. Il regrette toutes ces heures perdues et voit cela comme un accident très contrariant...

Lorsqu'il écrit cette originale et passionnante *Relation de son quatrième voyage*, il y introduit une pertinente analyse des façons d'exercer le métier de pilote et fait, en quelque sorte, le point de la science nautique à son époque. On y trouve entre autres recommandations, cette observation décisive :

« *Les navires des Indes ne sauraient aller autrement qu'avec le vent en poupe. Cela n'est pas dû à leur mauvaise conception (...) mais les grands courants qui y dominent ainsi que les vents font qu'aucun navire ne voudrait aller contre le vent debout ; car en une seule journée, il perdrait tout ce qu'il pourrait gagner en une semaine ; et même avec des caravelles et même avec des voiles latines à la façon des Portugais. C'est pour cette raison qu'ils n'osent naviguer que par un vent du sud-ouest et, parfois, ils doivent rester au port six ou huit mois pour l'attendre. Cela n'a rien d'étonnant puisque la même chose se produit en Espagne.* » …

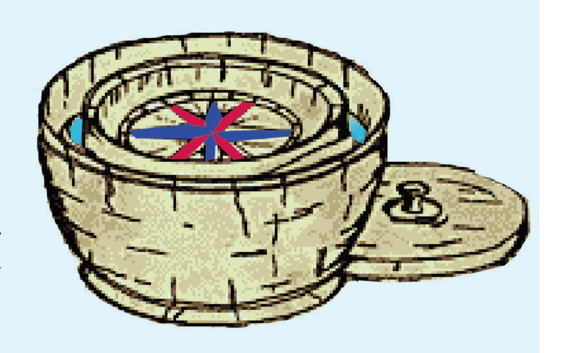
Colomb a toujours décidé de ses routes océanes en fonction des vents. A l'aller et au retour, les huit traversées se ressemblent étrangement. Pour les deux premiers voyages, il gagne les Canaries où il trouve sa route direct vers l'ouest par un bon vent arrière, ou presque. Lors du troisième voyage, s'il ose s'aventurer, au départ bien plus au sud, il n'envisage pourtant rien d'autre que d'attendre de bons vents pour une course plein ouest : « II ajoute « *qu'il se dirigeait lui-même vers les îles du Cap-Vert… Il y allait pour naviguer vers le sud jusqu'à la hauteur de la ligne équatoriale et suivre ensuite une route vers l'ouest…*» ; soit la recherche de la latitude des îles du Cap-Vert et route plein ouest.

Les Européens savent depuis fort longtemps que la pierre d'aimant (magnétite) possède des propriétés magnétiques. Au départ, un morceau de pierre était déposé sur une planchette en bois dans une cuvette remplie d'eau. Plus tard, une aiguille magnétisée est placée sur de la paille flottant sur l'eau et, enfin, une aiguille repose sur un pivot, ce qui ressemble au compas de mer moderne. Cet instrument fournit aux marins une orientation approximative. Ensuite, pour une plus grande précision, ils étudient la position de l'Étoile Polaire à minuit (nord) et du Soleil à midi (sud), au lever (est) et au coucher (ouest).

Une navigation astronomique

Que dire des instruments ? Seul l'usage régulier et relativement correct du compas de mer ne souffre aucune discussion. Comme tous les patrons et pilotes de l'époque, Colomb dispose d'une <u>boussole</u> de bord ou compas (note 9 page 10), bien protégée des vents, des intempéries, des roulis ou mouvements désordonnés du navire. L'aiguille se déplace aisément sur une rose des vents, déjà traditionnelle, à 32 divisions. Bien qu'il n'ait certainement pas ignoré le problème, il ne semble pas que l'Amiral, durant ses trois premiers voyages du moins, ait pu résoudre d'une façon même approximative la réduction du nord magnétique au nord réel. Dans cette boussole, Colomb place invariablement toute sa confiance. Le 13 septembre 1492, cap à l'ouest, lui-même et ses pilotes constatent durant la nuit que l'aiguille ne coïncide pas exactement avec la direction de l'Étoile Polaire, mais se place légèrement vers le nord-ouest ; vers le matin, elle va vers le nord-est. Mêmes observations quelques jours plus tard, le 17 septembre et voilà ce qu'il en dit : « *Les marins en demeurèrent effrayés car ils n'en comprenaient pas la raison. Mais l'Amiral, lui, savait : il leur commanda de reprendre la direction au petit jour et alors ils constatèrent que les aiguilles allaient bien. C'était bien l'étoile qui paraissait bouger dans le ciel et non la boussole… Le soir les aiguilles se penchent d'un quart au nord-ouest; et au petit matin, elles suivent exactement l'Étoile Polaire. Il faut donc comprendre que l'étoile décrit un mouvement comme toutes les autres étoiles et que ce sont les aiguilles qui disent toujours vrai.* »

Astrolabe portugais - 1610 - épave de la *Nossa Sehnora da Graça.*



Compas espagnol (ca 1565), [fouilles (1978-1985) réalisées dans le havre de Red Bay au Labrador]. Ministère du Patrimoine canadien, Parcs Canada.

Tout au long de ses voyages, il a pu donner d'une façon satisfaisante le cap qu'il désirait à son navire. Il l'indique très soigneusement, pour chaque jour au moins, non en degrés, mais en *quarts, cuartas* ; chaque *cuarta* représentant une division de la rose, soit un peu plus de onze degrés, ce qui paraît alors suffisamment précis pour décider de la route. Jamais il n'hésite sur l'usage du compas et sur les indications qu'il en tire ; aucune erreur. Simplement une route plus approximative si la position relative du but n'est pas encore parfaitement établie. Aucune mésaventure non plus : les pilotes possédaient et gardaient toute leur vie une pierre à aimanter les aiguilles défaillantes ; ils avaient aussi des aiguilles de rechange…

Tout au contraire, pour la hauteur du Soleil et des étoiles auxquelles les astronomes et même les pilotes accordent tant d'attention dès 1460, les instruments restent encore imprécis et d'un usage fort limité… Aucun astrolabe ne figure dans les inventaires des bâtiments de l'époque, caravelles ou navires marchands, et les récits de voyage n'en parlent pas. Comme tous les navigateurs de son temps, Colomb se sert d'un quadrant de facture extrêmement simple : un quart de cercle en bois, marqué en degrés, suspendu à un anneau, portant un fil à plomb et, sur l'un des côtés, un système de visée pour le mettre dans l'axe du Soleil ou de l'étoile. Le vendredi 2 novembre 1492, Bartolomé de las Casas note : « *A cet endroit, cette nuit-là, l'Amiral fit le point à l'aide d'un quadrant et trouva qu'il était à quarante-deux degrés de la ligne équinoxiale… si le manuscrit d'où j'ai copié cela n'est pas altéré.* » Le quadrant est un outil encore très approximatif et d'un emploi difficile à bord d'un navire ; les mouvements du pont, l'impossibilité de garder une ligne de visée stable, les oscillations parfois très importantes du fil rendent toute lecture aléatoire. Colomb en donne le constat le dimanche 3 février 1493 : « *Il ne put mesurer la latitude ni avec l'astrolabe ni avec le quadrant, car les vagues ne le lui permirent pas.* »

La nuit, par temps clair, les pilotes utilisent couramment une méthode, généralement peu connue, mais à laquelle pourtant Colomb fait allusion d'une façon explicite à plusieurs reprises. On observe, [avec la *Roue Pôle-Homme*], les mouvements de la Petite Ourse, plus particulièrement de deux des étoiles de cette constellation, Kochab et Pherkab, par rapport à l'Étoile Polaire prise pour référence. La position de ces deux étoiles, que l'on appelle *les Gardes du Nord,* est reportée sur une sorte de diagramme imagé, représentant un homme virtuel inscrit dans un cercle, les pieds joints et les avant-bras écartés. L'extérieur du cercle porte huit divisions désignées par rapport au corps : tête, épaule est, bras est, sous le bras est, pieds, etc... La position 3, 6, 9 ou12 heures n'a aucune signification pour lui puisqu'il n'a jamais vu un cadran d'horloge. Il remplace ces positions remarquables par les notations correspondantes par rapport à son homme virtuel. « *las guardas estando en la cabeza*, ou bien, *en los pies*, ou encore, *a la mano isquierda, o derecha*, selon le cas. » Une fois la hauteur de l'Étoile Polaire définie, il applique une correction dans le cas de l'observation au méridien supérieur ou inférieur de plus ou moins 3,5°. Le dimanche 30 septembre 1492, le Journal marque bien tout l'intérêt que l'Amiral porte à ces observations : « *les étoiles qu'on nomme Gardes, quand la nuit tombe, sont près du bras de la porte du couchant ; et quand le jour se lève, elles sont en ligne sous le bras, en direction nord-est. Il semble que, de toute la nuit, elles ne se déplacent pas de plus de trois lignes qui font neuf heures, et ainsi chaque nuit.* »

Comment Christophe Colomb utilise la *Roue Pôle-Homme* ?

Pour se repérer dans le ciel, il tient la carte au-dessus de la tête, en regardant dans la direction du sud. Contrairement à une carte terrestre, vous observez des objets situés au-dessus de vous et non en dessous : d'où le fait que l'est et l'ouest sont respectivement à gauche et à droite ; le haut est le sud et le bas est le nord.

Dragon
Petite Ourse
Girafe
Cocher
Grande Ourse
Chiens de chasse
Lynx

carte du ciel le 10/4/2019 à 21 h

tête du Pôle-Homme
pieds du Pôle-Homme vers le nord
© CRHIP

D'autre part, complément indispensable pour mesurer le temps, tous les bâtiments avaient à leur bord des sabliers, appelés en Castille *ampolletas* ou *relojes de arena*, fragiles ampoules de verre souvent fabriquées à Venise, que l'on prenait presque toujours en plusieurs exemplaires pour remédier aux casses. Elles se révélaient aussi d'un maniement relativement délicat : le gros temps peut ralentir l'écoulement du sable et « *il arrive parfois que l'on ne retourne pas l'ampoule aussi vite qu'il le faudrait et d'autres fois on le fait trop tôt* », ce dont se plaint l'Amiral le jeudi 13 décembre 1492. Malgré tout, l'ampoule rythme la vie à bord ; elle indique naturellement les changements de quart. Le temps se compte toujours en « ampoules » et c'est par demi-heure ou par heure que les pilotes apprécient la vitesse de leur navire. De même pour la direction : si le cap n'est tenu qu'une partie de la journée, Colomb indique très soigneusement dans son Journal pendant combien d'ampoules il a suivi chacun de ces caps.

Latitudes : des approximations
et longitudes : des échecs

Dès le XIIe siècle, les traités d'astronomie comportaient des listes de latitudes et de longitudes géographiques. Les *almanachs,* et surtout les almanachs portugais apparus au XVe siècle, expliquaient les règles pour déterminer la latitude par l'observation du Soleil et des étoiles ; d'autres ouvrages parlaient de la façon de construire des quadrants. Mais ces méthodes [en milieu non stable comme la mer] restent compliquées, difficiles d'application.

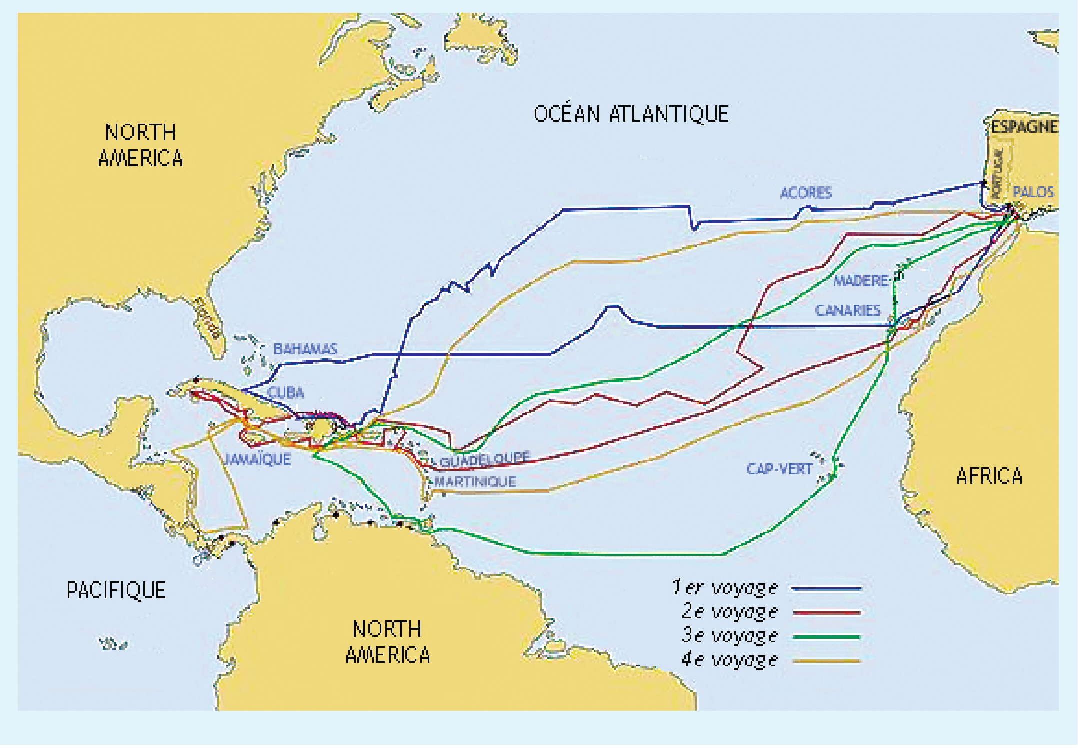
L'examen du Soleil nécessitait la connaissance d'un midi exact et une bonne expérience des tables solaires nautiques qui donnaient la déclinaison quotidienne du Soleil. Alors que l'Amiral note toujours très minutieusement son cap, jour après jour et souvent à deux ou trois reprises dans la journée, nous ne trouvons dans tous ses Journaux, que de très rares mentions de latitude. Il ne les mesure qu'en des circonstances tout à fait exceptionnelles et il les mesure seul. De plus, ces latitudes, Colomb les détermine mal. Les rares observations faites en mer se révèlent plus ou moins inexactes : erreurs de calcul ou mauvaises mesures, plutôt, de la hauteur de l'astre.
Le *Regimento do Norte* précisait le calcul par [la *Roue Pôle-Homme*] pour la mesure de l'Étoile Polaire, mais il ne pouvait se faire qu'à certaines conditions … En fait, les seules observations exactes sont faites lors du tout dernier voyage à la Jamaïque où, par la force des choses, il reste une année entière et peut alors effectuer ses mesures à plusieurs reprises et les effectuer à terre. Il y indique que le 29 février 1504, dans le port de Santa Gloria, la latitude mesurée [avec la *Roue Pôle-Homme*] lorsque « *les Gardes étaient au bras* » est de 18°. L'erreur atteint à peine un degré (soit une erreur de distance de 110 km) et peu d'estimations à cette époque, à terre même, approchent d'aussi près le chiffre correct. Si bien qu'il paraît difficile d'accabler l'Amiral : ce sont les instruments de ce temps qui ne permettent pas des estimations correctes en mer.

Il semble bien d'ailleurs que les véritables mesures et calculs de latitude, à cette époque et a fortiori dans les décennies qui ont précédé le voyage de 1492, se faisaient à terre. Ainsi procédaient les Portugais le long des côtes de l'Afrique. Ils ne cherchaient pas à faire le point pour mieux déterminer leur position et la course de leurs caravelles, mais pour situer exactement les terres qu'ils découvraient, afin d'établir des cartes du continent. Encore, ces observations et ces calculs ne conduisaient-ils pas toujours à des chiffres exacts…

Même imprécision et même erreur pour la mesure des longitudes, opération très délicate qui paraîtrait pourtant indispensable pour la conduite de ces grandes traversées océaniques, étirées d'est en ouest. Ici, le calcul se révélait pratiquement impossible ou d'une très grande difficulté. La seule méthode connue consistait à examiner, dans le lieu où l'on se trouvait, l'heure exacte d'une éclipse de Lune ou de Soleil et à comparer cette heure avec celle de l'éclipse pour un ou des méridiens connus, telle qu'elle était donnée dans les livres… Encore fallait-il pouvoir connaître l'heure exacte. Et les éclipses ne sont pas si fréquentes ! Tous les calculs de longitude par Christophe Colomb ne conduisent qu'à des chiffres extravagants…

À aucun moment de ses quatre voyages, Colomb ne tente de définir sa situation exacte par les deux coordonnées. A deux reprises il calcule sa longitude, mais un peu moins que la latitude ; jamais les deux ensemble.

Sans pouvoir faire le point « astronomique », il ne navigue pourtant pas au hasard ; tout au contraire. Les innombrables indications chiffrées de son Journal de bord, lors du premier voyage, témoignent d'un constant souci de savoir où il se trouve, de tracer sa route du mieux possible sur une carte marine afin de la retrouver pour une seconde expédition. On sait qu'il y a parfaitement



réussi. Le jeudi 13 décembre 1492, Las Calas rapporte qu'ici « *l'Amiral chercha de combien d'heures étaient le jour et la nuit et, de soleil à soleil, il trouva que passèrent vingt ampoulettes qui sont d'une demi-heure chacune. Mais il dit qu'il peut y avoir là une erreur, soit qu'on ne retourne pas l'ampoulette assez vite, soit que le sable passe mal. Il dit aussi qu'au moyen du quadrant il trouva qu'il était trente-quatre degrés de la ligne équinoxiale.* » De telle sorte, sa façon de faire qui nous paraît tout à fait empirique, rudimentaire, utilisant peu ou mal les acquis incertains des sciences astronomiques, répond pourtant très bien à ce qu'il en attendait. Il en va ainsi de très nombreuses techniques « archaïques », « médiévales », dont les contemporains ne voyaient évidemment pas l'archaïsme et qui donnaient pleine satisfaction.

Echar punto : la route tracée sur la carte [pour une navigation à l'estime]

Cette méthode d'une simplicité déconcertante consistait à tracer chaque jour une ligne indiquant la distance parcourue entre chaque changement de cap. Seuls deux facteurs interviennent : d'une part la direction, de l'autre la vitesse du navire.

Indiquer la <u>direction</u>, par bon vent du moins, ne posait généralement pas de problèmes graves. Depuis quelques décennies, une véritable routine, dans les mers connues et sur les routes habituelles, amenait les pilotes à suivre un cap bien déterminé. Un nouveau type de cartes marines, de plus en plus répandu dans les années 1400, témoigne bien de cette façon d'aller d'un point à un autre autant que possible en droite ligne. Aux anciens portulans (cartes marines) qui indiquaient une multitude de ports et leurs positions plus ou moins exactes, succèdent des dessins aux contours moins chargés de noms mais striés d'un grand nombre de lignes qui joignent les ports les plus importants et, pour chacun de ces itinéraires, indiquent le cap par rapport au nord. Les pilotes s'efforcent de les suivre, préoccupés de ne pas perdre la direction générale en louvoyant car, écartés de la route idéale et dans l'impossibilité de se situer en haute mer, il leur faudrait trouver un autre repère et une autre direction sûre.

Cette habitude de garder une ligne droite marque toute la navigation de Colomb : dans son Journal, effectivement, lorsque le temps le permet, il n'indique que peu de changements de cap, s'employant à suivre le même pendant plusieurs jours.

Reste à marquer sur ces lignes tracées pour chaque direction, la <u>distance</u> parcourue et donc, connaissant le temps de course sur cette ligne, à évaluer la vitesse du bâtiment. On ne dispose pour cela d'aucun instrument de mesure, [à part le *log*, un bois flotté jeté à la proue du navire jusqu'à ce qu'il en atteigne la poupe, distance mesurée par un pas étalonné chanté. Cette mesure ramenée à la longueur du navire donnait une estimation de vitesse]. Pour cette « mesure » empirique de la vitesse, les opinions peuvent diverger de beaucoup et tout tient à l'expérience des hommes, à leur habitude du parcours ou à leur aptitude à s'adapter à des mers inconnues. Cette vitesse, estimée en milles romains par heure, de chacun 1 480 m, Colomb en tient compte pour calculer les distances estimées, soit en milles, soit en lieues de chacune quatre milles (5 920 m). Ce sont là les seules précisions chiffrées de son Journal. Pour chaque jour, au moins, il « pointe » une nouvelle position supposée du navire en portant la distance sur la ligne du cap : « *Pendant le jour, il poursuit son chemin à l'est-nord-est à raison de dix milles par heure et fit ainsi en onze heures vingt sept lieues.* » Mais, parfois, en un seul jour, il change de cap et trace alors deux, trois lignes ou davantage. En effet, cette opération très simple par beau temps et vent favorable, lorsque le navire peut suivre une seule route, devient beaucoup plus complexe les jours où se succèdent des changements de directions et où doivent se multiplier les appréciations des distances parcourues dans chacune d'elles, et encore plus incertaine par tempête… De telle sorte que l'Amiral doit « estimer », en s'aidant de la *Roue Pôle-Homme* pour confirmer ou non la latitude du lieu d'observation...

Le lendemain, 22 janvier 1493, les vents se fixent un peu plus et Colomb s'efforce, par une application tout à fait méritoire, de suivre et d'apprécier, puis de retracer sur sa carte, une course quelque peu brisée : « *Hier, après le coucher du Soleil, il alla nord-nord-est huit milles par heure pendant cinq ampoules. Il fit ensuite dix-huit milles dans le nord quart de nord-est pendant six ampoules ; et pendant quatre ampoules du second quart, il navigua au nord-est à l'allure de six milles à l'heure si bien qu'il fit trois lieues dans cette direction-là. Puis, jusqu'au lever du Soleil, il navigua pendant onze ampoules à l'est-nord-est à six milles par heure qui font, au total, sept lieues [erreur du copiste peut-être : ce devrait être huit lieues et quart]. Puis il fit encore 32 milles dans la même direction, jusqu'à la onzième heure du jour. Enfin le vent tomba et il n'avança pas du tout de tout le jour.* » Ces deux jours-là, nous imaginons l'Amiral et ses pilotes penchés sur leurs cartes, sur leurs schémas de route plutôt, occupés à y tracer le moins mal possible cette ligne imaginaire, sans aucun autre repère que l'extrémité de la ligne précédente elle-même approximative… Et ainsi procède-t-il, dans cet hiver 1493, tous les jours suivants, tant que les caravelles n'ont pas assez gagné vers le nord pour trouver les grands flux d'ouest [ou la latitude recherchée pour une navigation sur parallèle].

Naviguer est un art

En somme, la seule « science nautique » est bien alors celle des pilotes formés non dans des écoles qui n'existeront que plus tard, mais en mer, par l'observation et l'expérience acquise au cours de nombreux voyages. … Non pas tellement une observation astronomique, mathématique de la course des astres, mais une observation subjective des mille signes de la mer, des vents, des courants, du ciel et des nuages qui défie toute idée de mesure exacte. Colomb lui-même dit très clairement, toujours dans cette *Lettre aux rois* de février 1502, quels services peuvent rendre ces pilotes si précieux, si bien informés de toutes choses sur les mers qu'ils ont fréquentées et seulement sur celles-ci : « *Les navigateurs et tous ceux qui vont sur mer possèdent toujours une bien meilleure connaissance des régions qu'ils parcourent et où ils trafiquent le plus souvent.* »

C'est en 1508, que le décret royal espagnol (Real Titulo) nomme Vespucci Amerigo comme Pilote-majeur (Piloto mayor). Ce texte nous apporte la preuve de l'insuffisance des pilotes castillans et de la supériorité des méthodes scientifiques en vigueur dans la marine portugaise (utilisation des Instruments et des règlements qui leur correspondent). Il nous dit : « *L'expérience nous montre* (écrit la Reine) *que les pilotes ne savent pas ce dont ils ont besoin pour guider leurs navires... ; ils ne possèdent pas les connaissances nécessaires pour prendre la hauteur par le quadrant (Roue) et l'astrolabe, ni pour faire le calcul des latitudes ; ils commettent, en conséquence, de nombreuses erreurs qui donnent lieu à de graves pertes. Pour les éviter nous vous ordonnons que tous les pilotes du royaume soient suffisamment instruits dans l'usage du quadrant et de l'astrolabe…*»

Ces réflexions sur l'indispensable connaissance des chemins de la mer jettent un jour très clair sur les idées de Colomb et sur son credo de navigateur. Il observe, se souvient et décide. Il mesure mal, se trompe souvent, parfois beaucoup. Il conduit pourtant au mieux son bâtiment... et arrive souvent à bon port. … Ainsi, nous le savons, pour tous ces hommes qui avaient participé au premier voyage et sont interrogés sous serment en 1512-1515 sur les connaissances de l'Amiral, sur son art de naviguer et sa pratique de la mer. Tous le couvrent d'éloges. Même enthousiasme chez Michèle di Cuneo, patron de Savone et navigateur lui aussi : « *À mon humble avis, depuis que Gênes est Gênes, aucun autre homme n'a vu le jour, si magnifiquement doué et si habile dans l'art de naviguer ; car, lorsqu'il était en mer, par un simple coup d'œil à un nuage, ou, la nuit, à une étoile, il savait le temps qu'il allait faire et ce qui allait se passer ; il se dépensait sans compter et lorsque l'orage était passé, il assurait lui-même la manœuvre alors que les autres dormaient.* »

Extraits de l'ouvrage de Jacques Heers, *Christophe Colomb*, Hachette 1981, pages 292 à 331.

Cristóbal Colón, *Textos y documentos completos ; prologo y notas de consuelo Varela,* Alianza Editorial, Madrid, 1992.

Jose Martin Lopez, *El viaje del descubrimeiento. Notas y comentarios al Diaro de Colon,* Instituto de ingenieros tecnicos de Espana, Madrid, 1992.

Julio F. Guillén, *El primer Viaje de Cristóbal Colón*, 2e édition, Madrid, 1990.

Alexandre Cioranescu, *Les œuvres de Christophe Colomb*, Gallimard, Paris, 1961.

Soledad Estorach - traducteur Michel Lequenne, *La découverte de l'Amérique. 1, Journal de bord. 1492-1493 - Colomb, Christophe (1450?-1506)*. Edition : La Découverte, 1993.

Real titulo de Piloto-mayor, à Vespuce du 6 août 1508 ; in *Colección de documentos inéditos para la historia de España* por M. Fernandez Navarrete, T. 3, page 301 et sv.

BIBLIOGRAPHIE

Albuquerque, Luís de. *O «Tratado da Agulha de Marear» de João de Lisboa; Reconstituição do seu texto, seguida de uma versão Francesa com anotações*, Em: Revista da Universidade de Coimbra. Vol. XXIX. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1981. url: http://tinyurl.com/8ov6jej.

Albuquerque, Luís de. *A arte de navegar na época dos grandes descobrimentos,* Em: História naval brasileira. Serviço de documentação da marinha, 1975, pp. 23–52.
- *A Bússola e a declinação magnética,* Em: Estudos de História. Vol iv, Universidade de Coimbra, 1976, pp. 112–162.
- *Instrumentos de alturas e a técnica da navegação,* Em: Estudos de História. Vol iv, Universidade de Coimbra, 1976, pp. 1–179.

Beaujouan, Guy - Poulle, Emmanuel. *Les origines de la navigation astronomique du xive au xve siècle,* in Le navire et l'économie maritime du Moyen Âge au xviiie siècle principalement en Méditerranée. Actes du 1er colloque international d'histoire maritime. 17 mai 1956, SEVPEN, Paris 1957.

Bellec, François. *Histoire universelle de la navigation* : Tome 1 *Les découvreurs d'étoiles*. de monza (éditions), 28 octobre 2016.

Bensaúde, Joaquim. *L'astronomie nautique au Portugal à l'époque des grandes découvertes,* 1912.

Colón, Cristóbal, *Textos y documentos completos ; prologo y notas de consuelo Varela,* Alianza Editorial, Madrid, 1992.
Fragmento de una carta a los Reyes, La Espanola, Enero, 1495, p 166.

Com'Nougué, Michel. *Les Nouvelles Méthodes de Navigation durant le Moyen Âge,* Conservatoire national des arts et métiers - CNAM, 2012.

Com'Nougué, Michel. *Le calcul des marées au Moyen Âge, Chronique d'Histoire Maritime* – SFHM, n°78, juin 2015.

Cioranescu, Alexandre, *Les œuvres de Christophe Colomb*, Gallimard, Paris, 1961.

Crespil, David. *La navigation au temps du roi Jean II du Portugal ou Comment trouver au seizième siècle la latitude à l'aide du règlement de la polaire,* in MathémaTICE - http://revue.sesamath.net/spip.php?article693.

Crespil, David. *Les marées et l'établissement du port,* in MathémaTICE - http://revue.sesamath.net/spip.php?article693.

Crespil, David. *La latitude en fonction de la durée du jour le plus long,* in MathémaTICE - http://revue.sesamath.net/spip.php?article1004.

Crespil, David. *le nocturlabe,* in MathémaTICE - http://revue.sesamath.net/spip.php?article641.

Crespil, David. *Nocturlabe et précession des équinoxes, influence de la latitude et de la précession des équinoxes sur la lecture de l'heure aux étoiles,* in MathémaTICE - http://revue.sesamath.net/spip.php?article693.

Dutarte, Philippe. *Les instruments de l'astronomie ancienne de l'Antiquité à la Renaissance*, Paris, Vuibert, 2006.

Estorach, Soledad - Lequenne, Michel, *La découverte de l'Amérique. 1, Journal de bord. 1492-1493 - Colomb, Christophe (1450?-1506)*. Edition : La Découverte, 1993.

Fonteneau, Jean dit Alfonse Saintonge. *LA COSMOGRAPHIE AVEC ESPÈRE ET RÉGIME DU SOLEIL ET AU NORD*, publié et annoté par Georges Musset, *Recueil de voyages et de documents pour servir histoire de la Géographie depuis le XIIIe jusqu'à la fin du XVIe siècle*, publié sous la direction de Ch. Schefer et Henri Cordier XX) Paris Leroux, Bibliographie géographique 1904.

Fournier, Georges. *Hydrographie contenant la théorie et la practique de toutes les parties de la navigation,* Paris, Chez Michel Soly, 1643. http://tinyurl.com/cojn39v.

Gallois, Lucien. *Les portugais et l'astronomie nautique à l'époque des grandes découvertes*, in « Annales de Géographie, n° 130, XXIIIe année, 1914.

García Franco, Salvador. *Instrumentos nauticos en el Museo Naval,* Imprenta del Ministerio de Marina, 1959.

Guillén, Julio F., *El primer Viaje de Cristóbal Colón*, 2e édition, Madrid, 1990.

Lafitte, Roland. *Héritages arabes : Des noms arabes pour les étoiles,* 2ème éd. revue et corrigée, Geuthner, Paris, 2006.

Lopez Jose Martin. *El viaje del descubrimeiento. Notas y comentarios al Diaro de Colon,* Instituto de ingenieros tecnicos de Espana, Madrid, 1992.

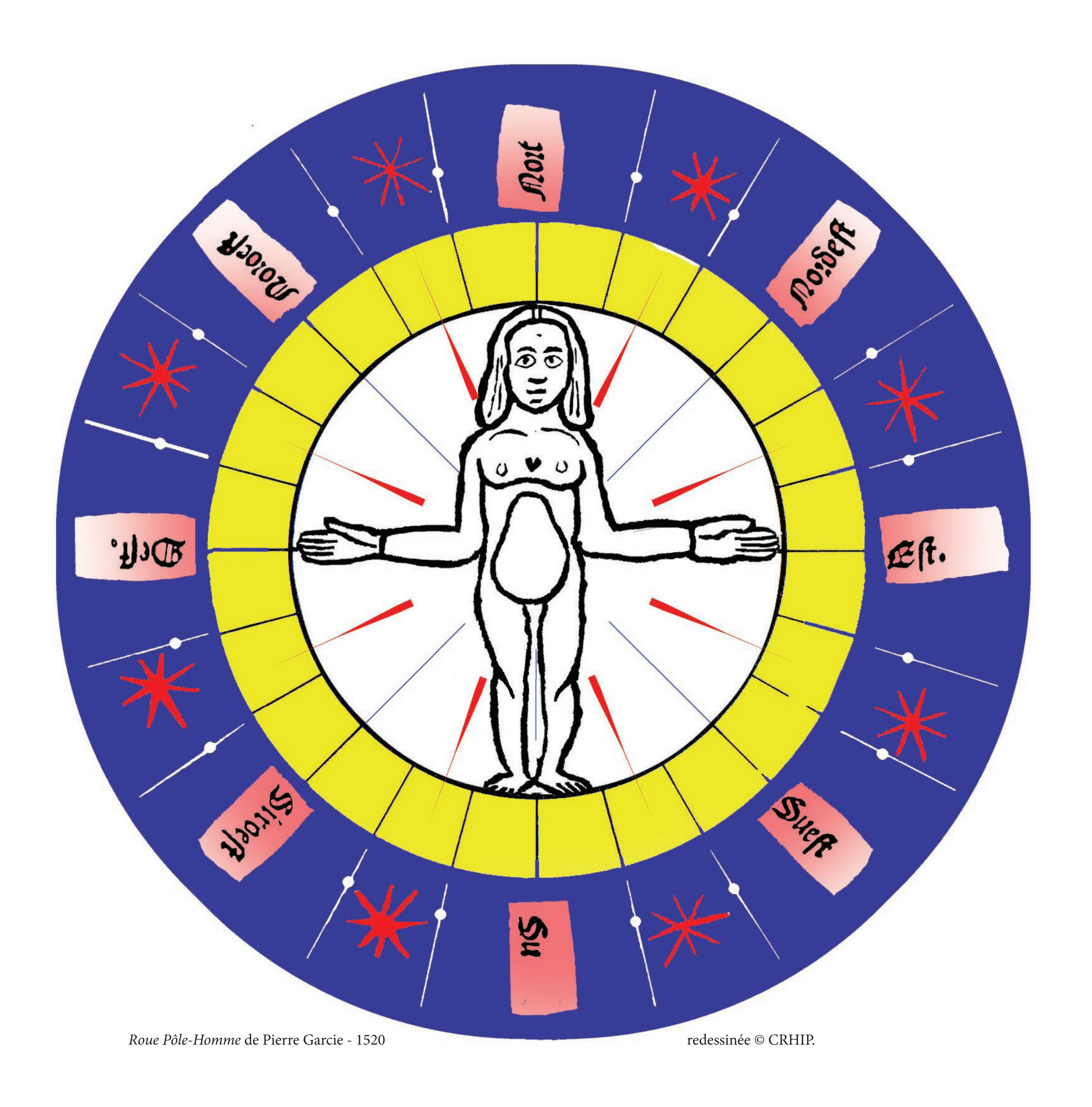
Pereira, José Manuel Malhão ; Pedrosa, Fernando Gomes. *Instrumentos e métodos de nave- gação*. Em: Navios, Marinheiros e Arte de navegar (1139-1499). Academia de Marinha, 1997, pp. 251–75.

Ribeiro, António Silva. *Cartografia náutica portuguesa dos séculos XV a XVII*. Instituto Hidro-gráfico, 2010.

Texeira da Mota, Avelino. *Influence de la cartographie portugaise sur la cartographie européenne à l'époque des découvertes,* in Les aspects internationaux de la découverte océanique au xve et xvie siècles. Actes du 5e colloque international d'Histoire maritime. 14-16 Septembre 1960, SEVPEN, Paris 1966.

Sites Internet

As Horas Nocturnas -site portugais par Grom Matthies	http://vintage.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=2&pag=1
Association Méridienne - Nantes	http://meridienne.org/
Association Sciences en Seine et Patrimoine - ASSP Rouen -	http://assprouen.free.fr/index.php
Cahiers CLAIRAUT	http://clea-astro.eu/archives/web/fascicule.php?num_fas=146
SELEFA (Société d'Études Lexicographiques et Étymologiques Française & Arabes)	http://selefa.asso.fr/ http://www.uranos.fr/



Roue Pôle-Homme de Pierre Garcie - 1520 redessinée © CRHIP.